

SFA를 이용한 국내 대학 기술이전전담조직(TLO)의 기술이전 효율성 분석에 관한 연구

한동성*

I. 서론

지식기반 경제사회에서 대학의 역할은 더욱 중요해지고 있으며, 특히 기술혁신을 통해 경제발전이 일어나는 혁신체제(innovation system)에서 대학은 하나의 중요한 주체로서 자리매김하고 있다(Lundvall, 1992; Edquist, 2005). 대학이 생산하는 지식은 기술혁신의 중요한 원천이 되어 국가 경쟁력을 높이는 역할을 한다고 볼 수 있다.

미국의 경우 1970년대 후반까지 대학과 관련한 정책은 국가가 대학의 연구개발 예산을 증액하고 대학의 연구에 투자를 확대함으로써 대학의 연구 성과를 높이려고 하였다. 하지만 연구투자의 증액도 필요하지만 연구자에게 인센티브를 부여하는 것도 중요하다는 것을 깨닫고 대학이 연방정부의 연구자금으로 발명한 기술에 대하여 소유권을 가질 수 있도록 하는 바이-돌 법(Bayh-Dole Act)을 제정하게 되었다. 바이-돌 법 제정 이후 정부의 정책에 의하여 대학에서는 지적재산권의 확보와 함께 대학이 보유한 기술을 이전하여 수익을 얻는 기술이전 활동이 크게 증가하게 되었다(Mowery, 2004; 한국학술진흥재단 2006).

대학은 대학을 둘러싼 외부 환경변화에 맞춰 그 역할을 변화시켜 왔다. 교육중심에서 연구중심대학으로 변화하였으며, 그리고 산학협력을 강조하게 되었다. 이처럼 산학협력이라는 대학의 제3의 역할(the third mission)의 논의와 함께 기업가적 대학(entrepreneurial university)이라는 패러다임이 보편화되면서 대학의 기업가적 활동이 강조되고 있다고 할 수 있다. 이는 대학이 창출한 지식을 산업계에 적극적으로 이전하여 국가 및 지역사회의 기술혁신과 경제발전에 기여해야 한다는 것을 의미한다(Smilor, 1993; Etzkovitz 외, 2000; 송성수, 2007).

1990년대부터 우리나라도 산학협력을 강화하는 정책을 다양하게 시행하여 왔다. 그러나 산학협력의 다양한 정책 중에서 기술이전의 중요성을 강조하여 대학이 기술이전 활동에 자발적인 노력을 기울이도록 한 시기는 얼마 되지 않았다고 할 수 있다. 한국의 바이-돌 법이라고 할 수 있는 「기술이전 촉진법」이 2000년에 와서야 제정되었고 「산업교육진흥 및 산학협력촉진에 관한 법률」이 2003년에 개정된 후, 정부 연구비로 창출된 지식의 권리를 대학이 소유할 수 있게 되었고 기술이전을 위한 전담조직이 대학에 만들어지게 되었다. 미국의 바이-돌 법 제정 이후 대학의 기술이전전담조직의 수가 급격히 증가한 것과 같이 우리나라 역시 대학의 산학협력단이 설치되고 기술이전을 전담하는 부서인 TLO(Technology Licensing Office)의 수가 급격히 증가되었다. 이 TLO를 중심으로 지적재산권의 확보와 기술이전 활동이 활발히 이뤄지면서 대학의 특허와 기술이전 건수 그리고 기술이전 수입이 매년 크게 증가하고 있다. 국내 대학의 기술이전 건수는 2003년 210건에서 2007년 951건으로 2006년을 제외하고 매년 증가하고 있으며 5년간 연평균 55% 증가하였고, 기술이전 수입료는 2003년 20억에서 2007년 164억으로 5년간 연평균 71% 증가를 보였다(한국학술진흥재단, 2008).

그러나 대학의 기술이전 실적은 전년 대비 단순 비교하여 증가하고 있으나 투입요소 등을 고려한다면 과연 그 효율성은 어떠한지 분석할 필요가 있다. 나아가 대학의 기술이전 실적은 기업가적 대학의 패러다임에서 중요한 성과이므로 우리나라 대학의 기술이전 효율성에 대해 분석하는 연구가 필요하다. 이런 연구를 통해 우리나라 대학이 기업가적 대학으로 본격적으로 자리매김을 하고

* 한국연구재단 책임연구원, 042-869-6061, eastar01@nrf.go.kr

있는지에 대하여 직간접적인 의미를 발견할 수 있을 것이며, 특히 기술이전의 과정에서 대학에 설치된 TLO의 역할이 중요하므로 이 TLO를 중심으로 한 기술이전의 효율성은 대학의 기업가적 활동 수준을 파악할 수 있는 지표가 될 수 있을 것이다.

따라서 본 논문에서는 기업가적 대학의 패러다임에서 대학 내 기술이전에 핵심적 역할을 하는 대학 TLO에 초점을 맞추어, 대학의 기업가적 활동의 수준을 파악하는 지표로서 대학 TLO의 기술이전 효율성을 측정하고 분석하고자 한다. 대학이 기술이전 활동을 하는 두 가지 주요한 목적을 대학 입장에서 필요한 재원 확보와 국가 차원에 필요한 대학 기술의 산업계로의 이전·확산이라고 보고, 본 논문에서는 TLO의 기술이전 활동을 통한 대학이윤창출 효율성과 대학기술확산 효율성을 확률변경분석방법(Stochastic Frontier Analysis, SFA)으로 측정하고 그 효율성에 영향을 미치는 요인들을 분석하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 제Ⅱ장에서는 대학 기술이전 활동에서 TLO의 중요성과 함께 TLO의 효율성에 대한 이론적 논의들을 살펴본다. 제Ⅲ장에서는 본 연구의 분석방법인 SFA에 대해 고찰하고, 제Ⅳ장에서는 실제자료를 분석하기 위한 분석모형을 제시하며, 제Ⅴ장에서는 분석의 결과에 대해서 기술한다. 마지막으로 제Ⅵ장 결론에서는 본 연구의 의의와 한계점을 살펴본다.

Ⅱ. TLO의 기술이전 효율성에 대한 이론적 논의

1. 대학 기술이전에서 TLO의 중요성과 효율성에 대한 논의

1) 대학 기술이전 활동에서 TLO의 중요성

우리나라 대학도 21세기 지식기반사회에서 교육·연구와 더불어 산학협력을 중요시하기 시작했으며, 정부도 대학의 지식이 국가경제발전에 필요한 것을 인식하고 대학의 산학협력 활성화를 위한 법적 제도적 정책을 수립하여 추진하고 있다.¹⁾ 이러한 시대적 변화와 정부의 강한 의지를 바탕으로 대학은 스스로의 연구성과를 창출·관리하고 이를 산업체에 기술이전·사업화하는 전담조직이 필요하게 되었는데, 이것이 기술이전전담조직(TLO)이다. 각 대학에서 TLO는 산학협력단 내에 부서 또는 팀의 형태로 존재하면서, 대학의 지식재산 관리와 기술이전·사업화 업무를 전담하고 있다(KAUTM, 2008).

Rogers 외(2000)는 대학 기술이전 과정을 연구개발 투자에 의해 발명된 기술을 권리화하고 기업과의 협상을 통해 기술이전 계약을 체결하고 기술이전 수입을 벌어들이는 과정으로서 대학에서의 발명이나 지적재산이 기업 등 영리기관에 이전하여 상업화하는 과정이라고 설명하였다. 이러한 기술이전의 전 과정에 직접적으로 개입하고 절차를 진행하는 주요 당사자가 TLO이다. TLO를 기술이전을 위한 ‘통로(gateway)’라고 부르는 이유도 TLO의 대학 기술이전에 대한 이러한 역할 때문이다(Jones-Evans & Klofsten, 1999).

대학의 TLO는 그 역할을 법률에 의해 부여받고 그 기능이 제도화 되어 있다는 점에서도 필수적인 조직이지만, 실제 대학 현장에서 일어나는 기술이전 과정, 즉, 연구자의 발명을 권리화하고

1) 대학 기술이전을 활성화하는 정부의 정책의 대표적인 사례가 「기술이전 촉진법」을 제정하고 「산업교육진흥 및 산학협력촉진에 관한 법률」을 개정한 것이다. 그리고 정부는 각종 지원 사업을 시행하였는데 기술이전 전담조직의 설치와 운영을 지원하는 사업으로 1999년 대학기술이전센터사업과 2001년의 공공기술이전 컨소시엄 사업 그리고 2006년의 대학 선도 TLO지원사업(커넥트코리아사업) 등이 있다. 또한 대학의 기술이전 활동을 촉진하는 사업으로는 1999년 특허경비지원사업, 2004년 산학협력중심대학지원사업, 2005년 기술이전사업화촉진사업, 그리고 2006년에 시작된 산학협력성과와 기술이전성과를 강조하는 2단계 BK21사업 등이 있다.

이를 산업체로 이전하며 그로부터 얻는 이익으로 발명자에게 보상하고 연구에 재투자하는 그 과정이 제대로 이뤄지기 위해서 꼭 필요한 조직이므로 그 역할이 중요하다(민철구 외, 2002; 조현래, 2006; 권재열, 2008; KAUTM, 2008).

대학 TLO에 대한 연구는 대학의 기업가적 활동(entrepreneurial activity)에 대한 연구의 일환으로 이뤄지고 있다. 이러한 대학의 기업가적 활동과 관련된 논의는 1980년대부터 미국을 중심으로 시작되어 다양한 주제로 연구자들 사이에 활발하게 연구되어 왔다. 대학의 기업가적 활동으로 중요하게 부각되는 활동들은 다양하며, 특허화, 라이선싱, 실험실창업, 사이언스파크, 대학 창업 등과 같은 주제로 많은 연구가 이뤄지고 있다(Mowery 외, 2004; Siegel 2006). Rothaermel 외(2007)²⁾가 최근 25년간 논문을 분석한 결과에 의하면 기업가적 대학 패러다임 주제의 논문들이 최근에 와서 활발하게 출판되고 있으며, TLO의 효율성에 대한 연구가 중요하게 다뤄지고 있음을 알 수 있다. TLO의 효율성이 기업가적 대학과 관련된 연구에서 하나의 주요주제로 다루어지고 있는 것은 TLO의 효율성이 대학의 기업가적 활동 수준을 가늠해 볼 수 있기 때문이다.

2) 대학 TLO의 효율성에 대한 연구

대학의 TLO의 효율성에 관한 연구는 대학의 기업가적 활동에 있어서 TLO가 대학과 산업계 사이의 공식적인 연결통로로서 역할을 한다고 판단하고 미국과 유럽을 중심으로 이뤄지고 있으며 기업가적 활동 수준을 상업화 결과물로 측정하려는 시도가 많이 이루어 졌다(Rothaermel 외, 2007). 아울러 대학의 기술이전 활동에서 TLO의 역할과 그 효율성에 영향을 미치는 요인들을 규명하는 연구가 많이 이루어졌는데, TLO의 효율성에 영향을 미치는 요인으로는 기술의 단계, TLO의 구조적 특성, 기술발명 신고와 같은 교수의 역할, 교수 보상제도, TLO의 인센티브 시스템, 대학의 특성과 문화, 지역의 환경적 요인 등을 들 수 있다(Thursby & Thursby, 2002; Bercovitz 외, 2001; Siegel 외, 2003; Feldman 외, 2002).

대학 기술이전에서 TLO의 효율성에 대한 그동안의 연구에서는 먼저 TLO의 성과가 무엇인가에 대한 논의가 있다. 여러 가지 TLO의 성과 중에서 연구자들이 공통적으로 인정하는 성과는 기술이전 계약건수와 기술이전 수입료이다(Bray & Lee, 2000; Bercovitz 외, 2001). 기술이전 계약건수와 수입료로 TLO의 성과와 이에 대한 효율성을 측정하였다. 이러한 TLO의 성과를 산출하기 위한 선행요건으로 발명신고(invention disclosure)와 연구용역 계약건수를 들 수 있는데(Thursby & Thursby, 2002; Chapple 외, 2005), 일부 연구자들은 이것으로 직접 TLO의 효율성을 측정하기도 한다(Bercovitz 외, 2001). 이처럼 연구자들마다 기술이전의 과정과 TLO의 역할에 대해서 바라보는 관점이 다른데, 이는 기술이전의 과정과 TLO를 비롯한 각 주체의 역할이 복잡하게 연결되어 있기 때문이다. 이런 의미에서 많은 기존의 연구들이 대학 기술이전전담조직인 TLO의 효율성과 대학 자체의 기술이전의 효율성을 엄격히 구분하지 않고 있다.

기술이전 성과의 범위를 다양하게 보기 때문에 그 영향요인에 대한 연구도 다양하게 이뤄지고 있다. 대학의 특허와 기술이전에 유의미한 영향을 미치는 요인으로 대학의 연구비, 발명신고건수, TLO의 연혁(나이), 교수수준, TLO 직원 수 등을 들 수 있다(Foltz 외, 2000; Rogers 외, 2000; Thursby & Kemp, 2002; Carlsson & Fridh, 2002). 또한 대학 내의 발명자 보상제도도 더 많은 기술이전 성과를 내는 것과 연관이 있는 것으로 나타났다(Link & Siegel; 2005, Friedman & Silberman 2003).

2) Rothaermel 외(2007)은 1981년부터 2005년까지 25년간 세계 주요 학술지의 논문에서 기업가적 대학의 패러다임과 관련된 총 173개 논문에 대하여 분류 및 분석을 실시하여 기존의 연구를 크게 4가지 주제영역, 즉 기업가적 대학의 정의와 개념들, TLO의 효율성, 대학 창업, 그리고 마지막으로 혁신네트워크를 포함한 외부환경으로 분류하였다.

3) TLO의 기술이전 효율성의 의미

기술이전전담조직(TLO)의 효율성이란, 대학의 기술이전 과정에서 TLO를 중심으로 투입요소 대비 산출요소의 관계를 의미한다. 보통 투입요소로 인력과 기술건수와 비용을 고려하고 산출요소로 기술이전 실적을 고려하는데, TLO의 특징과 해당 대학 이공계 연구 환경에 따라 TLO의 투입요소 대비 기술이전 실적, 즉, 기술이전 수입과 기술이전 건수가 달라질 수 있음을 의미한다. 이는 대학 TLO의 특수성을 반영하는 것으로 대학 연구인력 특성 및 대학의 제도적 환경은 물론, TLO의 역량에 따라 기술이전 활동의 성과가 달라질 수 있다는 것이다.

대부분의 기존 연구들은 기술이전 성과에 대하여 특별한 학문적 또는 현실적 함의를 고려하지 않고 기술이전 수입 또는 기술이전 건수를 효율성 연구에 활용하고 있으나, 본 연구에서는 Bell(1993)과 Park & Oh(2007)의 연구를 토대로 기술이전 수입은 대학의 관점에서 재정 확보와 이윤 창출의 차원으로 이해하고, 기술이전 건수는 바이-돌 법 또는 기술이전촉진법의 기본 배경인 국가경제 또는 지역 산업계로의 기여 차원에서 이해하고자 한다. 또한, 대학 TLO의 효율성은 대학 전체의 기술이전 효율성과 조심스럽게 구별되어 연구되어야 할 것이다. 왜냐하면 대학의 기술이전 효율성은 연구논의의 초점이 대학 전체에 있고, 대학 TLO의 효율성은 연구의 중심이 TLO에 있기 때문이다.

2. TLO의 효율성 측정에 대한 이론적 논의

1) TLO의 효율성 측정 선행연구

본 논문에서 사용한 분석기법인 SFA를 활용한 TLO의 기술이전 효율성에 대한 기존의 연구는 Siegel 외(2003), Chapple 외(2005), Link 외(2005)의 연구가 거의 전부이다(<표 1>참조).

<표 1> SFA를 활용한 대학 기술이전조직의 효율성 연구

| 연구자 | 분석자료 | 연구방법 | 연구결과 |
|-----------------|----------------------|-----------|--|
| Siegel 외(2003) | AUTM, NSF, BEA, 면접설문 | SFA 및 인터뷰 | 미국 대학의 제도적 환경적 요인으로 해당지역 산업R&D가 기술이전건수에, TLO의 나이가 기술이전수입 효율성 제고에 영향. 면담 결과는 조직운영차원의 보상제도, 산학문화장벽이 주요한 영향 |
| Chapple 외(2005) | UK대학 대상 설문조사 | DEA /SFA | 영국 대학의 경우, 기술이전건수 효율성은 TLO나이는 낮추고 지역 R&D는 높이며, 기술이전 수입 효율성은 의대 있으면 낮아지고 지역 GDP가 높으면 높아짐. 전반적으로 효율성 낮음 |
| Link 외(2005) | AUTM, NSF, BEA | SFA | 미국 대학의 경우, 지역R&D, TLO의 나이가 효율성을 높이며, 그 중에서 연구자 보상이 기술이전 효율성에 가장 큰 영향 |

Siegel 외(2003)는 미국의 대학기술관리자협회(AUTM)의 데이터로 미국 대학 TLO의 기술이전 효율성을 측정하기 위하여 변수 설정에 있어서도 이해관계자와 관련 전문가들의 인터뷰를 통해서 결정하는 등 세밀하게 연구를 진행하였다. 그러나 효율성을 경제적 시각으로만 접근함으로써 대학이 기업가적 대학으로서의 역할 변화에 대한 함의를 갖지 못하였고, 지역 산업 환경을 효율성 영향요인으로 고려한 점 등 미국적 상황 위주로 모형을 설계하여 분석하였다. Link 외(2005) 연구도 Siegel 외(2003)의 연구를 조금 발전시킨 연구로 TLO의 효율성에 초점을 맞추기 보다는 대학 차원에서 미국 대학과 기업 간의 기술이전에 관점을 두었고, 영국 대학의 기술이전 효율성을 분석한 Chapple 외(2005)의 연구도 Siegel 외(2003)의 연구를 토대로 하고 있다.

SFA 이외의 방법에 의한 대학 기술이전의 효율성에 대한 연구들도 주로 해외 연구자들에 의해

수행되었다. 그런데 이 선행연구의 내용을 살펴보면 SFA와 같은 변경분석(frontier analysis)에 해당하는 DEA방법으로 수행한 연구들(Thursby & Kemp, 2002; Thursby & Thursby, 2002; Anderson 외, 2007)이 대부분이다(<표 2>참조). 그 밖에 회귀분석이나 상관관계 분석 등의 방법으로 실시된 대학 기술이전과 관련된 연구들(Rogers 외, 2000; Foltz 외, 2000; Carlsson & Fridh, 2002; Freidman & Silberman, 2003)이 있는데, 이는 기술이전 실적에 대한 영향요인 분석을 위주로 실시하여 효율성에 대해서 엄밀하게 분석하였다고 보기는 어렵다. DEA에 의한 효율성 분석 연구도, 분석 단위가 대부분 대학 차원이었다. 즉, TLO를 중심으로 한 기술이전 효율성 분석이 엄격하게 이뤄진 경우는 드물다고 볼 수 있다.

<표 2> 그 밖의 방법에 의한 TLO의 효율성에 대한 선행연구

| 연구자 | 조사대상자료 | 연구방법 | 연구결과 |
|--------------------------|-------------------|------------------------------|---|
| Thursby & Kemp(2002) | AUTM | DEA와 효율성점수에 대한 로짓(logit)회귀분석 | 교수수준과 TTO직원 수가 다양한 기술이전 산출물에 정(positive)의 영향을 보이며, 사립대학이 국공립대학보다 좀 더 효율적이고, 의대가 있는 대학이 덜 효율적임 |
| Thursby & Thursby (2002) | AUTM, 연구자 설문조사 | DEA | 교수의 특허와 기술이전에 대한 의지가 기업의 R&D 아웃소싱과 함께 대학 기술이전과 특허의 증가에 중요한 요인이며, 응용연구로의 전환은 영향요인이 아님 |
| Anderson 외 (2007) | AUTM | DEA/ 선형회귀 분석 | 의대가 있는 대학의 효율성이 다소 낮고, 국공립대와 사립대는 차이가 없음 |
| 현만석·유왕진 (2008) | 산업자원부 공공연구기관 실태조사 | DEA | 비효율성의 원인이 규모의 비효율성 보다는 순수기술비효율성이 원인이며, 지역특성보다는 기관특성의 영향이 큼 |
| 김경환·현선혜(2006) | 대학 기술이전 센터 설문조사 | 다중회귀분석 | 대학 기술이전조직의 제도적 환경 중에서는 기술이전 매뉴얼 활용, 전략적 자원 중에서는 구성원 학력과 특허수가 정(+)의 영향 |

국내에서 이뤄진 연구 중 현만석·유왕진(2008) 연구는 대학과 정부출연연구소 등 공공연구기관을 대상으로 DEA를 사용하여 기술이전의 효율성에 대한 연구를 실시하였다. 2007년 지식경제부의 공공연구기관 기술이전현황 조사에 응답한 대학 33개와 공공연구소 29개 총 62개의 공공연구기관의 2006년 실적으로 분석하였다. 투입변수는 연구개발인력, 연구개발비, 기술이전전담인력, 총보유기술건수를 사용하였다. 산출변수는 신규보유기술건수, 특허출원건수, 특허등록건수, 기술이전건수, 기술이전수입료를 사용하였다. 분석결과는 공공기관의 기술이전 비효율성의 원인이 규모와 관련된 비효율보다는 순수한 기술적 비효율에 원인을 두고 있다는 것을 보였다. 또한 기술이전 효율성은 지역적 위치보다는 조직의 특성에 더 영향을 받는다는 것을 밝혔다. 이 연구는 국내에서는 아직까지 연구가 드문 공공연구기관 대상 기술이전 효율성을 측정하였다는데 의의가 있다. 다만, DEA모형 자체가 갖는 한계로 인해 분석대상의 효율성에 영향을 미치는 요인에 대해서는 다루지 못한 점과 분석단위가 기술이전전담조직(TLO)이 아닌 기관 자체라는 점에서 후속 연구의 필요성을 찾을 수 있다.

2) 선행연구의 한계점과 본 연구의 방향

지금까지 TLO의 기술이전 효율성을 측정한 선행연구를 검토해 보았는데, 기존의 대학 기술이전에 대한 연구들은 효율성 분석이 아닌 대부분 기술이전 성과와 그 성과에 미치는 영향요인 분석 위주로 수행되었고, 기술이전의 효율성에 대한 연구는 비교적 근래에 와서 SFA와 DEA 방법을 중심으로 이뤄졌다. 이러한 연구들도 분석단위가 대부분 대학 단위였으며 TLO 단위로 엄밀하게 분석을 실시하지는 못하였다.

TLO의 기술이전 과정을 고려할 때 기술이전 효율성 연구는 SFA를 활용한 선행연구들이 투입과

산출 그리고 영향요인 변수들을 비교적 잘 정립하고 있다고 판단된다. 다만 이 연구들이 Siegel 외 (2003) 연구를 기본으로 하여 나머지 두 연구가 좀 더 진전된 연구를 하거나(Link 외, 2005), 대상 국가를 달리하여 연구하였기 때문에(Chapple 외, 2005), 연구결과를 일반화하기 위해서는 더 많은 연구의 축적이 필요하다. 세 연구 모두 패널데이터가 아닌 횡단면 데이터를 사용하였기 때문에 분포나 함수설정 등의 SFA방법론 자체의 제약사항을 완화하지 못한다는 점과 연도별 효율성 변화를 확인할 수 없다는 한계도 있다. 그리고 TLO 단위가 아닌 대학 전체를 단위로 분석이 이뤄진 점도 한계로 볼 수 있다. 기술이전 영향요인에 대해서도 Siegel 외(2003) 연구에서 제시한 미국적 상황을 주로 고려한 변수 종류를 중심으로만 연구가 진행된 경향이 있다. 이처럼 SFA를 통한 대학 기술이전 효율성에 관한 연구는 극히 일부 연구자를 중심으로 이뤄지고 있는 시작 단계의 연구로 발전시켜 나가야 할 부분이 많이 있다.

본 연구에서는 이러한 선행연구의 한계점을 해소하고, 우리나라 대학 기술이전 환경과 TLO의 활동을 고려하는 방향으로 연구를 진행하였다. 대학의 기업가적 활동 수준을 파악하는데 기술이전 효율성이 적합한 지표라고 보고, 본 연구에서는 대학 기술이전의 주요 목적이라고 할 수 있는 두 가지 즉, ‘대학 재원의 마련’과 ‘대학 기술 확산의 차원’에서의 기술이전 효율성을 측정하고 분석하고자 한다. 이러한 분석을 TLO를 중심으로 한 기술이전 효율성을 통해 실시하고자 하며 선행연구 검토 결과 SFA 방법이 적절하다고 판단하였다.

SFA방법을 활용하여 대학 기술이전의 효율성을 분석한 연구들(Siegel 외, 2003; Chapple 외, 2005; Link 외, 2005)에서 일관되게 사용한 산출변수와 투입변수³⁾는 TLO를 중심으로 한 기술이전 효율성 측정에 적합하다고 판단된다. 특히 산출변수인 기술이전 수입과 기술이전 계약건수는 대학의 기술이전의 주요 두 가지 목적인 대학 재원 마련과 대학 기술 확산 활동에 대한 각각의 측정지표로 적절하다고 생각된다. 다만 영향요인 변수는 TLO를 둘러싼 환경요인으로서 기존연구의 기술이전 영향요인으로 사용한 변수⁴⁾들을 우리나라 대학의 상황을 고려하여 다시 설정하였다.

III. SFA의 효율성 측정 방법론 고찰

SFA는 변경(frontier)함수를 추정함으로써 생산효율성을 측정하는 계량경제학적 방법이다(유금록, 2004). 생산 변경을 상정하고 이러한 변경과의 거리를 통해 각 생산주체의 효율성을 측정하는 Farrell(1957)의 효율성 측정 개념을 발전시켜 Aigner, Lovell & Schmidt(1977)와 Meeusen & Van den Broeck(1977)이 효율성을 측정할 수 있는 계량경제학적 모형으로 SFA를 처음 제안하였고, Schmidt & Lovell(1979)등이 이 SFA모형을 발전시켰다(윤경준, 1998; 지홍민, 2007).

SFA는 공공부문의 효율성을 측정하는 변경분석법(frontier analysis)중에서 자료포락분석(DEA)과 함께 많이 활용되고 있다. SFA의 주요 이점은 비효율성 지표를 보다 더 자세히 분류함으로써 각 조직단위(생산단위)의 효율성 지표에 관한 개선된 추정치와 비효율성의 근원을 제시해 준다는 점이다. DEA의 경우 변경(frontier)으로부터의 모든 편차를 비효율성으로 가정하는데 비해, SFA는 변경으로부터의 편차를 비효율성 그리고 통계 및 표본추출오차와 무작위 오차로 구분한다. 따라서 SFA는 오차에서 기술적 효율성과 무작위 오차를 분리해 내기 때문에 조직단위(생산단위)가 왜 비

3) 3가지 투입변수로는 TLO 인원, 발명기술 건수(발명신고 건수), 기술 관리 비용(지적재산권 법률비용)을 기존 연구에서 거의 통일되게 사용하였다.

4) 기존 연구에서 사용한 대학 기술이전 영향요인 변수는 TLO나이(Carlsson & Fridh, 2002; Siegel 외, 2003 등), TLO중앙집중형태(Link 외, 2005), 교수수준(Friedman & Silberman, 2003; Rogers 외, 2000; Foltz 외, 2000; Thursby & Kemp, 2002, 등), 민간연구비(Feldman 외, 2002, Lee, 2000), 발명자보상제도(Bercovitz 외, 2001; Link 외, 2005), 기술이전기여자 보상(Markman 외, 2004 등), 의대유무·국공립여부·지역R&D·지역생산성장율·지역GDP(Thursby & Kemp, 2002; Siegel 외, 2003; Chapple 외, 2005 등) 등이 있다.

효율적으로 운영되는지 더 정확한 분석이 가능하다(유금록, 2004).

SFA의 기본적인 모형은 아래식 (1)과 같이 정의된다.

$$y_i = \alpha + x_i\beta + v_i - u_i \quad (1)$$

여기서 i 는 생산주체를 나타내며, y_i 는 산출변수로 일반적으로 생산주체 $i(i=1, \dots, N)$ 의 산출량에 자연로그를 취한 값이다. x_i 는 투입변수로서 생산요소에 자연로그 취한 것으로 $1 \times k$ 행벡터(vector)이며, β 는 계수의 $k \times 1$ 벡터로 추정되어야 할 미지의 모수의 $(k \times 1)$ 열벡터이다. 오차항 중 v_i 는 u_i 와 독립적으로 정규분포(i.i.d), $N(N(0, \sigma_v^2))$ 를 갖는 무작위오차로 일반적인 오차항과 동일하다. 기술적 비효율성을 나타내는 변수가 u_i 인데 이는 0보다 크거나 같은 값을 갖는다. 보다 엄밀하게 정의하면 u_i 는 생산주체 i 가 기술적 비효율성으로 말미암아 현 생산수준으로 생산할 수 있으나 생산하지 못한 양의 자연로그를 취한 값으로, 간략히 표현하면, 기술적 비효율성으로 인한 생산량의 손실정도를 나타낸다(곽만순 · 이영훈, 2005).

Coelli 외(2005)는 확률생산변경(stochastic production frontier)에 대해서 다음과 같은 식으로 설명하고 있다.

$$\ln q_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i \quad (2)$$

$$\text{or } q_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i) \quad (3)$$

$$\text{or } q_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i) \times \exp(v_i) \times \exp(-u_i) \quad (4)$$

[$\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i)$ 결정요소, $\exp(v_i)$ 무작위 오차, $\exp(-u_i)$: 비효율성]

기업의 생산효율성 측면에서 보면, 생산함수에 의해서 결정생산변경(determinant production frontier)이 설정되고 그 식은 $q_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i)$ 이 된다. 기업 A의 비효율성(u_i)이 zero라는 가정 하에 생산 가능한 최대치는 $q_A^* \equiv \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_A + v_A)$ 으로 표현되며 v_i 가 포함되어 있으므로 확률생산변경이라고 불린다. 실제 생산하는 수준은 이 확률생산변경에 미치지 못하는데 이 확률생산변경과 실제 산출량과의 차이는 기업의 비효율성 요인(관리운영상의 전략 등)에 의한 영향으로 볼 수 있다. 따라서 실제 생산 관측치는 $q_A \equiv \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_A + v_A - u_A)$ 로 표현된다. 확률생산변경과 실제 생산량과의 차이로 해당 기업의 효율성을 측정하게 되는 것이다(Coelli 외, 2005).

다시 말하면, SFA는 생산변경 설정을 확률적 변수인 v_i 라는 무작위 오차를 고려하여 확률생산변경으로 하고 효율성 변수인 u_i 를 오차항에 포함시킴으로써 전체 오차에서 무작위 오차와 비효율성 오차를 분리하여 생산효율성을 측정하는 특징을 가진 방법론이다.

그러므로 SFA방법론에서는 비효율성을 나타내는 u_i 가 중요한 변수이다. Kumbhakar 외(1991)는 비효율성 영향요인인 u_i 를 특성변수 벡터와 무작위오차로 구성된 함수 형태로 포함시킨 One-step 모형을 제안하고, 이를 발전시켜 Battese & Coelli(1995)가 비효율성 오차항인 u_i 를 비효율성에 영향을 미치는 변수들로 이뤄진 함수형태로 포함시킨 모형을 제시하였다. 식(5)은 Battese & Coelli(1995) 모형에서의 u_i 오차항을 표현하는 식이다.

$$u_i = Z_i\delta + W_i \quad (5)$$

Z_i : $(1 \times k)$ 벡터로서 비효율성과 관련된 설명변수 값

δ : 추정되어야 할 미지의 모수의 $(k \times 1)$ 벡터

W_i : 오차항

이와 같이 SFA는 생산효율성을 측정하고 효율성 결정요인들을 분석하는데 있어서 산출요소와 투입요소와 함께 효율성에 영향을 미치는 요소들을 함께 고려하도록 되어 있다. 이런 특징으로 인해 비효율성 오차항인 u_i 가 가지는 의미가 크고 실제 분석에서도 중요하게 다뤄지고 있다.

SFA는 변형을 확률적이고 모수적으로 추정하는 계량경제학적 모형이므로 어떤 식으로든 함수형태를 가정해야 한다. 함수형태의 경우 생산함수로서 Cobb-Douglas 함수 또는 Translog 함수가 흔히 가정된다. 이 생산함수를 추정하고 기술적 비효율성인 u_i 를 오차항에서 분리하기 위해서는 분포에 대한 가정이 필요하다. 오차항의 비효율 부분(u_i)에 대해서는 반정규분포(half-normal), 절단정규분포(truncated-normal), 지수분포(exponential) 등과 같은 일방향분포(one-sided distribution)가 가정된다. 또한 u_i 와 생산요소가 독립적이라는 가정도 필요로 한다. SFA는 통계적 유의성 검정을 통해 모형의 타당성을 제고할 수 있을 뿐만 아니라, 효율성에 영향을 미치는 요인에 대한 가설검정도 가능하다(윤경준, 1998; 곽만순·이영훈, 2005).

IV. 분석모형

1. 분석자료

본 연구에서 사용한 데이터는 한국학술진흥재단(이하 ‘학진’)에서 수집한 두 종류의 실태조사 데이터를 사용하였다. 대학산학협력실태조사 데이터와 대학연구활동실태조사 데이터이다. 대학산학협력활동실태조사는 학진에서 2006년도부터 매년 실시하는 조사로서, 이공계 학과가 설치되어 기술 개발이 가능한 전국 150개 대학을 대상으로 300여개의 문항을 통해 대학 산학협력 전반에 대해 파악하는 조사이다. 이는 최근 해외에서 활발하게 이뤄지고 있는 대학 기술이전의 효율성 연구의 주된 분석 자료인, 미국의 대학기술관리자협회(AUTM)의 미국 기술이전활동 실태조사(U.S. Licensing Activity Survey)에서 사용하고 있는 항목을 모두 포함하고 있는 조사로, 우리나라 전체 대학의 기술이전 활동을 전반적으로 분석할 수 있는 데이터이다. 이 데이터중 대학의 기술이전 효율성 분석에 관련된 항목을 추출·정리하여 분석에 활용하였다. 이와 함께 대학에서 기술발명의 주체인 연구자(교수)의 연구역량을 파악하기 위한 데이터는, 학진에서 매년 전국 대학을 대상으로 연구자 단위의 연구비 수수실적, SCI급 논문 등 연구성과실적에 대해 전수조사하고 있는 대학연구활동실태조사의 데이터를 활용하였다. 본 연구의 분석에 사용된 데이터는 산학협력의 성과, 대학의 기술이전전담조직의 현황, 대학 산학협력 활동 및 제도, 대학의 연구비와 인원 규모 등에 관한 2005년부터 2007년까지 3년간의 데이터이다.⁵⁾

대학의 TLO를 중심으로 한 대학 기술이전의 효율성을 분석하기 위하여 학진의 대학산학협력활동실태조사 데이터를 확인한 결과, 실태조사에 응답한 대학중 상당수의 대학이 최소한의 기술이전 실적도 없는 것으로 파악되었다. 우리나라 대학의 기업가적 활동이 아직은 일부 대학을 중심으로 추진되고 있다고 볼 수 있다. 기술이전에 대해 투입 요소 대비 산출요소의 효율성을 측정하고 영향요인을 분석하는 본 연구의 분석 과정을 고려할 때, 산출요소에 해당하는 기술이전 실적이 없는 대학이 상당수 포함될 경우 분석결과에 편이(bias)가 발생할 것이다. 따라서 효율성 분석의 적정성을 고려하여 3년간의 패널데이터에서 년 평균 1천만원 이상의 기술이전 수입료 실적이 있으면서 최소 2년 이상의 기술이전 수입 실적이 있는 대학만을 선별하여 분석대상에 포함시켰다.

그 결과 분석 대상으로, 학진 산학협력실태조사에 응답한 대학 140개('07년 기준)중 42개교만 포함되었다. 하지만 실태조사 응답 대학의 30%에 해당하는 42개교의 실적은 전체 대학 기술이전 건

5) 학진의 대학산학협력활동실태조사와 대학연구활동실태조사 데이터는 통계 분석 과정을 거쳐 학진에서 매년 발간하는 ‘대학 산학협력 백서와 ‘대학 연구활동 실태조사 보고서에 수록되고 있다.

수의 89%, 기술이전 수입료의 96%를 차지하고 있기 때문에, 이 42개 대학에 국내 대학중 TLO가 실질적으로 활동하고 있는 대학은 거의 대부분 포함되어 있다고 볼 수 있으며, 기술이전 효율성 분석의 대상 범위로 적정하다고 판단된다(<표 3>참조).

<표 3> 전체 대학 대비 분석대상 대학의 기술이전 실적 비교

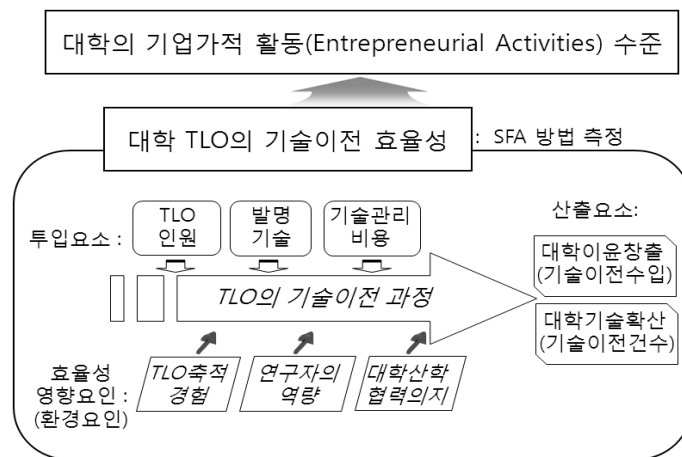
| 구분 | | 2005년 | 2006년 | 2007년 | 평균 |
|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 대학수 | 전체 | 132 | 134 | 140 | 135 |
| | 분석대상 | 39 | 42 | 42 | 42 |
| | 비율(%) | 30% | 31% | 30% | 30% |
| 기술이전수입 | 전체대학 | 6,323 | 9,033 | 16,415 | 10,590 |
| | 분석대상 | 6,222 | 8,720 | 15,540 | 10,160 |
| | 비율(%) | 98% | 97% | 95% | 96% |
| 기술이전건수 | 전체 | 587 | 563 | 951 | 700 |
| | 분석대상 | 541 | 499 | 825 | 621 |
| | 비율(%) | 92% | 89% | 87% | 89% |

2005년도는 39개 대학의 데이터만 있으므로 본 연구에서 사용한 데이터 형태는 3년간의 불균형 패널 데이터(unbalanced panel data)이다. 그리고 학진의 실태조사 데이터 항목에서 분석 변수에 해당하는 항목을 추출하였는데, 이 과정에서 다수의 항목을 합하여 하나로 변수화 하거나 조사데이터를 더미변수화 하여 효율성 분석의 측정 변수로 활용할 수 있도록 처리하였다. 금액 변수는 국내총생산(GDP) 디플레이터를 사용하여 2005년도를 기준으로 실질 가치로 환산하여 사용하였다.⁶⁾

2. 분석모형 설정

1) TLO의 효율성 분석모형 설계 : 산출요소, 투입요소, 영향요인 결정

본 연구에서는 이러한 대학의 기술이전 활동에 중요한 역할을 하는 TLO의 효율성을 분석함으로써, 대학의 기업가적 활동 수준과 그 영향요인을 파악하고자 한다(<그림 1> 참조).



<그림 1> 대학 TLO의 기술이전 효율성 분석 개념도

6) GDP 디플레이터(GDP Deflator)는 2000년도 100을 기준으로 했을 때, 본 연구의 분석대상년도의 GDP 디플레이터 값은 2005년 112.1, 2006년 111.6, 2007년 112.9이다. 즉, 2005년 기준으로 2006년과 2007년의 비용 금액(또는 수입)의 실질가치는 각각 0.997과 1.007로 나누어 줌으로써 환산하였다.

<그림 1>에서 볼 수 있듯이 기업가적 대학으로서 활동하고 있는지는 대학의 기술이전 활동을 통한 ‘대학이윤창출’의 효율성과 ‘대학기술확산’의 효율성을 측정하여 TLO를 중심으로 한 대학의 기술이전 효율성을 분석함으로써 파악이 가능하다. 우리나라 대학의 기업가적 활동 수준을 파악하는 것이다. TLO의 기술이전 과정에서의 산출요소인 ‘대학이윤창출’ 효율성과 ‘대학기술확산’ 효율성을 측정하기 위하여 투입요소로서 ‘TLO의 인원’, ‘발명기술건수’, ‘기술관리비용’을 설정하였다. 기술이전의 효율성에 대한 영향요인은 TLO부서의 관리운영상의 요인인 내생적 요인과 TLO부서 및 기술이전과정에서의 환경요인인 외생적 요인으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 TLO의 순수한 관리 효율성값을 구하기 위하여 TLO부서장의 재량권 밖에 있는 요인들, 즉, TLO를 둘러싸고 있는 환경요인만을 영향요인 변수로 분석모형에 포함시켰다.

대학 기술이전에 영향을 미치는 요인은 TLO의 경험, 교수의 참여, 대학당국의 기술이전 추구에 대한 명확한 미션이라고 한 Friedman & Silberman(2003)의 주장을 적용하였다. 즉, 우리나라 대학 TLO의 기술이전 효율성에 영향을 미치는 요인을 ‘TLO의 축적된 경험’, ‘연구자의 역량’, ‘대학의 산학협력 의지’ 3가지로 구분해서 분석하였다. 첫째, TLO에 축적되어 있는 기술이전에 관련된 지식과 노하우 등이 효율성에 영향을 줄 수 있으므로 ‘TLO의 축적된 경험’(Powers, 2003; Siegel 외, 2003; Chapple 외, 2005)을 TLO의 효율성에 영향을 주는 환경요인으로 보았다. 이는 TLO의 설립년도 등과 관련되므로 TLO 부서장의 재량권에 해당되는 것이 아니기 때문에 환경요인으로 볼 수 있다. 둘째, 대학 교수의 연구역량과 산학협력 역량을 고려한 교수 수준(faculty quality)이 산학협력과 기술이전에서 중요하므로(Rogers 외, 2000; Van Looy 외, 2004; Feldman 외, 2002; 김철희 외, 2007; 박규호 외, 2008), ‘대학 연구자의 역량’을 환경변수로 설정하였다. 셋째, 대학의 산학협력을 활성화하는 제도가 기술이전에 영향을 주기 때문에(Friedman & Silberman, 2003; Bercovitz 외, 2001) ‘대학의 산학협력 의지’를 영향요인으로 보고 환경변수로 설정하였다.

SFA분석방법을 이용하여 대학 TLO의 기술이전 효율성을 분석하기 위해서 앞서 언급한 Battese & Coelli(1995)의 One-step 분석모형을 적용하였다. 이 SFA모형은 기본적인 생산함수 식과 함께 비효율성 오차항을 표현하는 식으로 구성되어 있다. 생산함수는 SFA의 기술이전 효율성에 주로 사용하고 있는 Cobb-Douglas함수와 Translog함수 둘 다 적용하고, 분석시 모형 검정을 통해서 적합한 함수를 결정하여 효율성을 측정하였다. Battese & Coelli (1995) SFA모형이 산출변수가 하나이어야 한다는 점과 본 연구에서 산출요소로 사용하는 두 가지 기술이전 실적(기술이전수입, 기술이전건수)에 대해 각각 효율성 분석이 이뤄져야 한다는 점을 고려하여 두가지 SFA 분석 모형을 설정하였다. 이상에서의 논의를 종합하면 본 연구의 SFA의 분석 모형은 대학이윤창출의 효율성(Model 1)과 대학기술확산 효율성(Model 2)으로 구분하여 다음 <표 4>의 분석틀로 정리할 수 있다.

<표 4> Cobb-Douglas 및 Translog 생산함수를 고려한 SFA 분석틀

| 모형(Model) | 산출변수 | 투입변수 | 환경변수(영향요인) | 생산함수 |
|---------------------------|---------|---------------------------------|---|--|
| 대학이윤창출 효율성 (Model1) | 기술이전 수입 | · TLO인원 · 발명기술건수 · 기술관리비용 | · TLO연혁(나이) · 연구자의 역량 · 대학의산학협력의지 | Cobb-Douglas 생산함수 와 Translog 생산함수 중 모형 검정을 통해 선정 |
| 대학기술확산 효율성 (Model2) | 기술이전 건수 | · TLO인원 · 발명기술건수 · 기술관리비용 | · TLO연혁(나이) · 연구자의 역량 · 대학의산학협력의지 | *Battese & Coelli (1995) 의 One-Step 모형 적용 |

7) 각 생산함수의 분석모델에서 비효율성 오차항인 u_i 는 아래와 같이 동일하다.

$$u_i = \delta_0 + \delta_1 TLO\text{축적된경험} + \delta_2 \text{연구자역량} + \delta_3 \text{대학산학협력의지} + w_i$$

2) 변수의 설정 및 변수의 조작적 정의

(1) 산출변수

TLO가 대학의 기술을 기업 등에 라이선싱하여 벌어들인 수입이 주요 산출물이며, 이와 함께 라이선싱 건수도 산출물에 해당된다. 다시 말해서 기술이전 수입료와 기술이전 건수를 기술이전 활동의 효율성 분석의 산출변수로 설정하는 것이 타당하다(Link 외, 2005; Chapple 외, 2005; Siegel 외 2003; Thursby & Kemp, 2002).

기존의 연구에서 기술이전 수입료와 기술이전 계약건수를 단순히 TLO의 기술이전 실적으로만 제시하고 있는데, 본 연구에서는 대학의 기업가적 활동의 결과물로서 두 실적을 구분하여 산출변수로 사용하고자 한다. 먼저 기술이전 수입료 실적(변수명: INCOM)의 경우, 대학 차원에서 중요하다. 대학이 기술이전이라는 기업가적 활동을 통해 대학의 재원을 확보하는 ‘대학이윤창출’이라는 의미를 지니고 있다. 그리고 기술이전 계약체결 건수(변수명: AGREEM)의 경우, 국가차원에서 중요하다. 대학이 생산한 지식(기술)이 산업계 등으로 얼마나 많이 이전되어 활용되는지를 의미하는 것으로, ‘대학기술확산’이라는 기업가적 대학으로서의 역할을 잘 감당하고 있는지를 볼 수 있는 실적이다(Bell, 1993; Park & Oh, 2007).

(2) 투입변수

대학의 TLO를 중심으로 한 기술이전 활동에서 투입되는 생산요소(또는 투입요소)는 기술이전 사업화에 참여하는 TLO인력과 발명된 기술 건수, 그리고 기술이전에 사용한 비용 등을 들 수 있다.

먼저 TLO 인력과 관련하여 살펴보면, Siegel 외(2003)와 Link 외(2005), Chapple 외(2005), 현만석·유왕진(2008) 등의 연구에서도 TLO 직원 수가 주요 투입요소로 사용되었는데, 이는 대학의 기술이전 절차상 TLO의 역할이 필수적이기 때문이다. 대학 내 산학협력단 또는 기술이전조직에서 기술이전·사업화와 직접적으로 관련된 업무를 수행하는 인원만을 산출하여 ‘TLO의 기술이전 인력’이라는 투입변수로 활용하였다(변수명: TLOPEO).

대학의 연구자들이 발명한 기술도 필수적인 투입요소이다. 대학의 TLO들이 기업에 라이선싱할 기술이 필요한데, 일반적으로 대학 연구자의 발명신고(invention disclosure)로부터 기술의 확보가 시작된다(Siegel 외, 2003). 우리나라 대학도 직무발명 규정에 의해 발명신고를 하도록 되어 있지만 잘 이행되지 않고 있다. 보통 기술이전이나 특허출원을 하기 위해 형식적으로 제출하는 경우가 대부분이다. 이는 발명신고 중요성에 대한 대학 사회의 인식이 제대로 정착되지 않은 것도 있지만, 우리나라와 미국과의 특허 제도의 차이 때문일 수도 있다.⁸⁾ 대학의 발명신고된 기술의 대부분이 특허 출원되는 현상을 확인한 선행연구의 조사결과를 토대로 특허 출원 건수를 대학의 발명 기술 건수의 대리변수로 보고 이를 투입변수로 사용하였다(변수명: TECHPA).⁹⁾

마지막으로, TLO가 기술이전 사업화 실적을 산출하기 위한 투입요소로서 기술의 관리를 위한 지출금액을 들 수 있다(Link 외, 2005). 우리나라 대학의 관리 대상 지적재산권중 특허의 비중이 절대다수를 차지하고 있으며, 그동안 대부분의 대학에서 지적재산권에 대한 소송이나 분쟁이 거의 없었기 때문에, 기술 가치평가, 특허 출원 등록, 연구자 보상을 위한 비용 지출금액이 주로 포함된 특허관련 비용지출 금액을 투입변수로 사용하였다(변수명 : TECHEXP).

8) 우리나라가 선출원주의를 채택하고 있으므로 직무발명 심의(평가)에 시간을 빼앗기면 그 만큼 출원이 늦어지게 되고, 최악의 경우에는 신원의 지위를 확보하지 못할 우려가 있기 때문에 많은 대학들이 모든 발명은 특허성이 있다는 전제하에 출원절차를 밟고 있다(김승균, 2003).

9) 발명신고가 적극적으로 이뤄지는 미국의 경우 발명신고가 특허 출원으로 이어지는 비율이 90년대 초반 27%에서 2004년에 60%정도인 반면, 우리나라 대학의 경우 2006년 기준으로 발명신고의 98.7%가 특허로 출원되었다(이창주, 2008). 따라서 본 연구에서는 국내의 발명신고가 대학마다 제도적 정착 수준이 다르고 실적 건수도 유의미하다고 보기 어렵기 때문에, TLO의 기술 확보 정도를 파악하는 변수로서 특허출원 건수가 더 신뢰도가 높다고 할 수 있다.

(3) 환경변수 : TLO 효율성의 외부영향요인

우리나라 대학의 TLO를 중심으로 한 기술이전 활동이 본격적으로 시작된 것이 얼마 되지 않은 상황에서, 대학 기술이전 과정에서 TLO의 재량권 범위 내에 있는 요인들보다는 TLO를 둘러싼 환경요인의 비중이 더 높다고 판단된다. 본 연구에서 사용한 환경변수들은 다음과 같다.

TLO의 축적된 경험

TLO의 설립시기 즉, TLO의 나이가 TLO의 기술이전에 중요한 영향요인이다(Carlsson & Fridh, 2002; Siegel 외, 2003; Chapple 외, 2005). 설립년도를 기준으로 계산한 TLO 연혁(나이)은 TLO의 축적된 경험을 의미하며 이것이 TLO의 기술이전에 영향을 주는(Powers, 2003) 환경적 요소가 된다. 우리나라의 경우, 정부 정책에 따라 부서의 명칭이 기술이전전담조직으로 정해진 것은 최근의 일이지만 대학 내에서 기술이전 기능은 그보다 오래전부터 있어 왔다. 본 연구에서는 각 대학의 최초 설립된 기술이전조직의 설립년도를 조사하여 TLO의 나이 데이터로 사용하였다(변수명 : TLOAGE).

대학 연구자의 역량

대학 교수 수준(faculty quality)은 대학의 기술이전과 산학협력 성과에 영향을 미치는 영향요인으로 고려되어 왔다(Thursby & Kemp, 2002; Rogers 외, 2000; Foltz 외, 2000; 김철희·이상돈, 2007). 연구자(교수)의 역량은 우수한 기술을 창출할 수 있는 능력인 연구역량과 산업계와의 공동연구 등의 산학협력을 통해 산업계에 필요한 기술을 생산하고 문제를 해결해 주는 산학협력 역량으로 나타낼 수 있다.

우수한 기술을 만들어내는 연구역량을 측정하는 요소로는 SCI 논문을 들 수 있다. SCI논문으로 측정되는 연구자의 연구역량이 대학 TLO의 기술이전에 영향을 미치는 요인이 되기 위해서는 논문성과가 산학협력 성과와 어떤 관계인지 고려하여야 한다. 이를 위해 기존의 실증적 연구결과를 살펴보면, 대학 연구자의 논문실적과 특허 등의 산학협력 실적이 긍정적 상관관계를 보임을 알 수 있다(Van Looy 외, 2004; 박규호 외, 2008). 따라서 연구역량에 대한 측정을 1인당 SCI 논문수로 하는 것이 적절하다고 판단하였다(변수명 : PROFSCI).

대학 연구자의 연구역량과 함께 산학협력 역량으로 고려할 수 있는 것이 산업체와의 공동연구 및 산업체의 연구프로젝트 수행인데, 이를 측정할 수 있는 변수가 민간연구비 수주금액이다(Feldman 외, 2002). 기업 등 민간 연구비를 많이 수주한다는 의미는 산업계가 필요로 하는 지식과 기술을 많이 가지고 있다는 것을 의미하므로 대학 연구자의 역량 중에서 산학협력 역량을 측정하는 지표로 대학 연구자 1인당 민간연구비 금액을 측정변수로 설정하였다(변수명 : PROFPRGR).

대학의 산학협력 의지

대학의 산학협력 의지는 주로 제도로서 나타나는데, 대학 연구자인 교원에게 가장 큰 영향력을 가지는 교원업적평가에 특허등록 실적이나 기술이전 실적을 반영하는 것이다. 이와 함께 기술이전 연구자(발명자)와 기술이전 기여자(TLO직원)에 대해 보상하는 것도 대학 산학협력에 영향을 미칠 것이다(Bercovitz 외, 2001).

기술이전 연구자(발명자)에 대한 보상제도와 업적평가기준으로 특허등록 실적 반영여부는 거의 대부분 실시하고 있기 때문에 영향요인 변수로 넣는 것은 실익이 없다. 반면, 업적평가 기준에 기술이전 실적의 포함여부는 대학마다 차이가 있다. 대학 연구자의 업적평가 기준으로 기술이전 실적을 포함하는 것을 대학의 산학협력을 중요시하는 의지를 제도로 표현한 것으로 볼 수 있기 때문에, 이를 대학 기술이전의 효율성에 영향을 미치는 환경변수로 볼 수 있다(변수명: PROFEVTT).

그리고 기술이전 기여자(직원) 보상제도도 대학의 산학협력 의지를 엿볼 수 있는 제도이다. 이 제도는 최근에 대학별로 도입하고 있는 제도이며, 도입여부는 물론 도입시기에서 대학별로 차이가 있다. 기술이전 과정에서 기술이전기여자에 해당하는 TLO 직원에 대한 인사 또는 금전적 보상

(incentives)은 TLO 직원들에게 강한 동기부여가 될 수 있기 때문에 기술이전을 활성화시키기 위한 대학의 의지를 살펴볼 수 있는 제도라고 판단된다.¹⁰⁾ 따라서 기술이전 기여자(직원) 보상제도를 대학 TLO의 기술이전 효율성의 환경변수로 설정하였다(변수명 : STAFINCENT).

3) 전체 변수 및 분석모형 확정

본 연구에서 사용하는 산출변수, 투입변수, 환경변수(영향요인)들을 정리하면 <표 5>와 같다.

<표 5> 대학 TLO 효율성 측정변수 (산출변수, 투입변수, 환경변수(영향요인))

| 구분 | 변수명 | 측정내용 | 측정지표 | 구분 | 기술이전 효율성 영향요인 | 변수명 | 측정지표 |
|-------------------------|---------|---------|-----------------|------------|---------------|------------|-----------------------------------|
| 산출변수: Y (outputs) | INCOM | 대학이윤창출 | 기술이전 수입료 | 환경변수: Z | TLO의 축적된경험 | TLOAGE | TLO 연혁(나이) |
| | AGREEM | 대학기술확산 | 라이선싱 체결 건수 | | 연구자의 역량 | PROFSCI | 연구자의 연구역량 (이공계 교수 1인당 SCI 논문 수) |
| 투입변수: X (inputs) | TLOPEO | 기술이전 인력 | TLO 직원 수 | | 대학의 산학협력 의지 | PROFPRGR | 연구자 산학협력역량 (이공계 교수 1인당 민간연구비수주금액) |
| | TECHPA | 발명기술 건수 | 특허 출원 건수 | | | PROFEVTT | 교원업적평가에 기술이전 실적 포함 여부 |
| | TECHEXP | 기술관리 비용 | 기술(특허) 관리 관련 비용 | | | STAFINCENT | 기술이전 기여자 (직원) 보상 |

이렇게 확정된 4가지 분석모형은 다음 <표 6>과 <표 7>과 같다.

<표 6> 대학이윤창출의 효율성 분석모형 (Model 1)

| 모형명 | 분석모형 |
|--------------------------------|--|
| Model 1_C (Cobb-Douglas 함수) | $\ln IMCOM_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln TLOPEO_{it} + \beta_2 \ln TECHPA_{it} + \beta_3 \ln TECHEXP_{it} + v_{it} - u_{it}$ $u_{it} = \delta_0 + \delta_1 TLOAGE_{it} + \delta_2 PROFSCI_{it} + \delta_3 PROFPRGR_{it} + \delta_4 PROFEVTT_{it} + \delta_5 STAFINCENT_{it} + w_{it}$ |
| Model 1_T (Translog 함수) | $\ln IMCOM_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln TLOPEO_{it} + \beta_2 \ln TECHPA_{it} + \beta_3 \ln TECHEXP_{it} + \frac{1}{2} \beta_{11} (\ln TLOPEO_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{22} (\ln TECHPA_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{33} (\ln TECHEXP_{it})^2 + \beta_{12} (\ln TLOPEO_{it} \times \ln TECHPA_{it}) + \beta_{13} (\ln TLOPEO_{it} \times \ln TECHEXP_{it}) + \beta_{23} (\ln TECHPA_{it} \times \ln TECHEXP_{it}) + v_{it} - u_{it}$ $u_{it} = \delta_0 + \delta_1 TLOAGE_{it} + \delta_2 PROFSCI_{it} + \delta_3 PROFPRGR_{it} + \delta_4 PROFEVTT_{it} + \delta_5 STAFINCENT_{it} + w_{it}$ |

10) 다만, 기술이전 기여자의 보상제도 유무가 아니라 실제 보상 실적이라면 이것은 TLO부서장의 재량권 범위 내에 속하기 때문에 외부환경변수로 볼 수 없고, TLO 내부의 관리운영의 효율성에 관련될 것이다. 하지만 기술이전 기여자의 보상 실적은 데이터의 확보가 어려울 뿐만 아니라 기술이전 수입이 있어야 된다는 전제가 필요하므로 TLO 내부 영향요인으로도 고려하기 어렵다.

<표 7> 대학기술확산의 효율성 분석모형 (Model 2)

| 모형명 | 분석모형 |
|--------------------------------|--|
| Model 2_C (Cobb-Douglas 함수) | $\ln AGREEM_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln TLOPEO_{it} + \beta_2 \ln TECHPA_{it} + \beta_3 \ln TECHEXP_{it} + v_{it} - u_{it}$ $u_{it} = \delta_0 + \delta_1 TLOAGE_{it} + \delta_2 PROFSCI_{it} + \delta_3 PROFPRGR_{it} + \delta_4 PROFEVTT_{it} + \delta_5 STAFINENT_{it} + w_{it}$ |
| Model 2_T (Translog 함수) | $\ln AGREEM_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln TLOPEO_{it} + \beta_2 \ln TECHPA_{it} + \beta_3 \ln TECHEXP_{it}$ $+ \frac{1}{2} \beta_{11} (\ln TLOPEO_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{22} (\ln TECHPA_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{33} (\ln TECHEXP_{it})^2$ $+ \beta_{12} (\ln TLOPEO_{it} \times \ln TECHPA_{it}) + \beta_{13} (\ln TLOPEO_{it} \times \ln TECHEXP_{it})$ $+ \beta_{23} (\ln TECHPA_{it} \times \ln TECHEXP_{it}) + v_{it} - u_{it}$ $u_{it} = \delta_0 + \delta_1 TLOAGE_{it} + \delta_2 PROFSCI_{it} + \delta_3 PROFPRGR_{it} + \delta_4 PROFEVTT_{it} + \delta_5 STAFINENT_{it} + w_{it}$ |

3. 효율성 영향요인에 대한 연구가설

앞에서의 논의를 정리하면 대학 TLO의 효율성에 영향을 미치는 요인으로 작용하는 환경변수에 따라 다음의 <표 8>과 같이 영향요인 분석을 위한 연구가설을 설정할 수 있다.

<표 8> 대학 TLO의 기술이전 효율성 영향요인에 대한 연구가설

| 모형명 | 가설번호 | 연구가설 |
|---------------------------|--|---|
| 대학이윤창출 효율성 (Model1) | TLO의 기술이전활동을 통한 대학이윤창출의 효율성은..... | |
| | 가설 A1 | TLO의 축척된 경험이 많을수록 높을 것이다. |
| | 가설 A1-1 | TLO의 연혁(나이)이 오래될수록 높을 것이다. |
| | 가설 A2 | 연구자의 역량이 클수록 높을 것이다. |
| | 가설 A2-1 | 연구자 연구역량(1인당 SCI논문수)이 클수록 높을 것이다. |
| | 가설 A2-2 | 연구자 산학협력역량(1인당 민간연구비 수주금액)이 클수록 높을 것이다. |
| | 가설 A3 | 대학의 산학협력의지가 있는 경우 높을 것이다. |
| | 가설 A3-1 | 교원업적평가제도에 기술이전실적이 포함되었을 경우 높을 것이다. |
| | 가설 A3-2 | 기술이전 기여자 보상제도가 있을 경우 높을 것이다. |
| 대학기술확산 효율성 (Model2) | TLO의 기술이전활동을 통한 대학기술확산의 효율성은..... | |
| | 가설 B1 | TLO의 축척된 경험이 많을수록 높을 것이다. |
| | 가설 B1-1 | TLO의 연혁(나이)이 오래될수록 높을 것이다. |
| | 가설 B2 : | 연구자의 역량이 클수록 높을 것이다. |
| | 가설 B2-1 | 연구자 연구역량(1인당 SCI논문수)이 클수록 높을 것이다. |
| | 가설 B2-2 | 연구자 산학협력역량(1인당 민간연구비 수주금액)이 클수록 높을 것이다. |
| | 가설 B3 | 대학의 산학협력의지가 있는 경우 높을 것이다. |
| | 가설 B3-1 | 교원업적평가제도에 기술이전실적이 포함되었을 경우 높을 것이다. |
| | 가설 B3-2 | 기술이전 기여자 보상제도가 있을 경우 높을 것이다. |

V. 분석결과

1. 변수의 기술통계

본 연구에서 사용한 각 변수들을 측정하기 위하여 직접 해당되는 변수 또는 대리변수 등으로 사용한 측정지표에 대한 기술통계 값은 <표 9>와 같다. SFA의 생산함수인 Cobb-Douglas 함수나 Translog 함수를 사용하여 효율성을 측정하기 위해 산출변수와 투입변수에 자연로그를 취한 값을 사용하였다. 금액과 관련된 변수는 실질가치(2005년 기준)로 환산한 값에 자연로그를 취하였다. 본 연구의 SFA 분석에 사용한 프로그램소프트웨어는 Coelli(1996)가 개발한 FRONTIER 4.1이다.¹¹⁾

<표 9> 변수의 기술통계 현황 (N=123개(42교×3년), 단위 : 백만원, 명, 건수)

| 변수(Y,X,Z) | 측정지표(변수명) | 평균 | 중간값 | 최소값 | 최대값 | 표준편차 |
|-----------------|-----------------------------------|------|------|-----|-------|------|
| 대학이윤창출(Y1) | 기술이전 수입(INCOM) | 248 | 108 | 0.0 | 3,082 | 389 |
| 대학기술확산(Y2) | 기술이전 건수(AGREEM) | 15.2 | 9.0 | 0.0 | 139.0 | 17.3 |
| 기술이전인력(X1) | TLO 직원 수(TLOPEO) | 4.8 | 4.0 | 0.0 | 18.0 | 3.2 |
| 발명기술건수(X2) | 특허출원 건수(TECHPA) | 123 | 65 | 2 | 811 | 147 |
| 기술관리비용(X3) | 특허관련 총비용(TECHEXP) | 253 | 130 | 2 | 2,499 | 380 |
| TLO 축적된 경험 (Z1) | TLO 연혁_나이(TLOAGE) | 5.0 | 4.0 | 1.0 | 19.0 | 3.1 |
| 연구자의 역량(Z2) | 연구자 연구역량 _SCI 논문수1인당(PROFSCI) | 0.8 | 0.6 | 0.0 | 4.1 | 0.7 |
| 연구자의 역량(Z3) | 연구자 산학협력역량 _민간연구비1인당(PROFPRGR) | 21.9 | 14.9 | 0.0 | 180.4 | 28.7 |
| 대학 산학협력의지(Z4) | 업적평가기술이전(PROFEVTT) | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.5 |
| 대학 산학협력의지(Z5) | 기술이전 기여자보상(STAFINCENT) | 0.6 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.5 |

2. 변수의 상관관계 분석

산출변수와 투입변수간의 상관관계를 ‘대학이윤창출’ 효율성 분석모형과 ‘대학기술확산’ 효율성 분석모형으로 구분해서 분석하였고 <표 10>에 제시하였다. 두 모형에서 투입변수와 산출변수간의 상관관계는 통계적으로 유의미하게 나타났고, 상관계수의 부호도 모두 양(+)의 값을 가지고 있어 모든 변수간의 상관관계가 양(+)의 관계를 가짐을 알 수 있다.

그리고 효율성의 영향요인인 환경변수간의 상관관계는 <표 11>과 같다. 환경변수간의 상관관계 결과는 TLO의 나이와 연구자의 민간연구비 변수간의 상관관계수값이 0.5이상으로 다소 높게 나타났으나 다중공선성을 보일만한 값은 아니다. 다른 변수들은 상관관계수값이 낮고 통계적으로 유의미하지 않는 경우도 있는데, 이는 환경변수간 독립적이라고 판단할 수 있다.

11) SFA 분석 프로그램소프트웨어인 FRONTIER4.1은 Coelli(1996)가 개발한 프로그램으로 횡단면 자료를 이용한 확률변경모형에서부터 Battese & Coelli(1988, 1992, 1995)와 같은 패널자료를 이용한 모형에 이르기까지 다양한 모형을 이용한 최대우도추정값을 구하는 프로그램이다. 다양한 옵션을 가지고 있으므로 연구 목적에 맞는 모형을 선정하여 추정치를 구할 수 있다. 기술적 효율성에 영향을 주는 영향요인 분석을 병행하는 경우 FRONTIER4.1은 Battese & Coelli(1995) 모형으로 최대우도추정값을 구해준다(곽만순 · 이영훈, 2005).

<표 10> 분석모형별 산출변수 및 투입변수간 상관관계 분석

| Model1(대학이윤창출 효율성) | | | | | 구분 | Model2(대학기술확산 효율성) | | | | |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------|--------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------|
| 변수 | lnINCOM | lnTLOPEO | lnTECHPA | lnTECHEXP | | 변수 | lnAGREEM | lnTLOPEO | lnTECHPA | lnTECHEXP |
| lnINCOM | 1 | | | | 상관계수 유의확률 | lnAGREEM | 1 | | | |
| lnTLOPEO | .242(**) .007 | 1 | | | 상관계수 유의확률 | lnTLOPEO | .293(**) .001 | 1 | | |
| lnTECHPA | .490(**) .000 | .425(**) .000 | 1 | | 상관계수 유의확률 | lnTECHPA | .549(**) .000 | .425(**) .000 | 1 | |
| lnTECHEXP | .472(**) .000 | .468(**) .000 | .658(**) .000 | 1 | 상관계수 유의확률 | lnTECHEXP | .508(**) .000 | .468(**) .000 | .658(**) .000 | 1 |

Pearson 상관계수, N=123, ** 상관계수는 $p < 0.01$, * 상관계수는 $p < 0.05$ 수준(양쪽)에서 유의미함

<표 11> 환경변수(영향요인)간의 상관관계 분석

| 상관관계 | | TLOAGE | PROFSCI | PROFPRGR | PROFEVTT | STAFINCENT |
|------------|--------------|------------------|------------------|--------------|--------------|------------|
| TLOAGE | 상관계수 유의확률 | 1 | | | | |
| PROFSCI | 상관계수 유의확률 | .416(**) .000 | 1 | | | |
| PROFPRGR | 상관계수 유의확률 | .622(**) .000 | .393(**) .000 | 1 | | |
| PROFEVTT | 상관계수 유의확률 | .219(*) .015 | .122 .179 | .027 .771 | 1 | |
| STAFINCENT | 상관계수 유의확률 | .183(*) .043 | .129 .154 | .113 .212 | .055 .545 | 1 |

Pearson 상관계수, N=123 ** 상관계수는 $p < 0.01$, * 상관계수는 $p < 0.05$ 수준(양쪽)에서 유의미함

또한 본 연구에서 기술이전수입과 기술이전건수라는 두 가지 기술이전 실적에 대해 모형을 달리 하여 분석하고 있는데, Model1과 Model2의 산출변수간의 상관관계 분석을 해 본 결과, 두 변수간의 상관계수는 그 값이 0.487이 나왔고 통계적으로 유의미하다. 이는 두 실적 간에 어느 정도 (+)의 상관관계를 보이기는 하지만 계수값이 크지 않은 것으로 보아 두 실적이 다른 양상을 보일 것으로 짐작할 수 있어서 분석모형을 분리하는 것이 타당하다고 판단할 수 있다. 이는 기술이전 실적에서 두 변수가 가지는 의미가 다르게 해석될 수 있는 것이다.

2. SFA를 이용한 대학 TLO의 기술이전 효율성 분석 결과

1) 모형의 검정

SFA의 측정 결과에 대한 분석을 하기 전에 본 연구에서 사용한 모형이 적절한지를 Coelli 외(2005), Chapple 외(2005), Wang(2007), 지홍민(2007), 유금록(2004)의 선행연구에서 실시한 방법을 적용하여 검정하였다.

(1) 모형에서 기술적 비효율성 효과의 존재 여부 검정

분석모형에 대한 검정은 일반우도비검정(generalized likelihood-ratio test; LR test)로 실시하였다. LR test는 모형에 기술적 비효율성 효과가 존재하지 않는다는 귀무가설($H_0: \gamma=0$)과 대립가설하에서 각각 추정된 우도함수의 값으로 검정하는 것이다. 귀무가설($H_0: \gamma=0$)하에서 모형은 기술적 비효율성 효과 u_i 가 존재하지 않는 전통적 평균반응 함수와 같다. 검정통계량은 다음 식과 같이 계산된다.

$$LR = -2\ln[L(H_0)/L(H_1)] = -2[\ln L(H_0) - \ln L(H_1)]$$

LR Test로 본 연구의 4가지 분석모형에 대하여 검정한 결과는 다음 <표 12>와 같다. 검정 결과에 의하면 각 분석모형에서 기술적 비효율성 효과가 존재하며 이 분석모형으로 비효율성의 효과를 파악하는 것이 타당함을 할 수 있다. 이는 효율성에 영향을 미치는 요인을 확인할 수 있도록 분석모형이 적절하게 설정되었음을 의미한다.¹²⁾

<표 12> LR test에 의한 모형 검정

| 구분 | 모형명 | LR통계량 | 검정결과 | 의미 |
|------------|----------|------------|---------------|----------------------------|
| 대학이윤창출 효율성 | Model1_C | 167.488*** | 귀무가설 H_0 기각 | -모형이 유의함 |
| | Model1_T | 199.883*** | 귀무가설 H_0 기각 | |
| 대학기술확산 효율성 | Model2_C | 117.704*** | 귀무가설 H_0 기각 | -비효율성 효과 존재함(오차항 u_i 중요) |
| | Model2_T | 101.332*** | 귀무가설 H_0 기각 | |

주) ***LR 통계량 : mixed- χ^2 -distribution의 1% 신뢰수준에서 유의미함 (LR test : Critical value for mixed- χ^2 -distribution with 7 restrictions is 17.755 at 1% level)

(2) 생산함수 검정 (Cobb-Douglas vs. Translog 함수)

Cobb-Douglas함수와 Translog함수 중 본 연구에 더 적절한 생산함수가 무엇인지 파악하기 위하여 Battese & Broca(1997), Chapple 외(2005), Wang(2007)의 생산함수 검정사례를 적용하여 검정하였다. 검정 방법은 귀무가설(Cobb-Douglas함수사용)¹³⁾과 대립가설(Translog함수사용)에서 각각의 우도함수(likelihood function) 값으로 검정하는 LR test를 실시하였으며, 그 결과는 <표 13>과 같다.¹⁴⁾

<표 13> LR test에 의한 생산함수 검정

| 모델명 | $\ln L(H_0)$ Cobb-Douglas | $\ln L(H_1)$ Translog | LR통계량 | $\chi^2_{0.95}$ 값 | 검정결과 | 의미 |
|------------|------------------------------|--------------------------|-------|-------------------|---------------|-------------|
| 대학이윤창출 효율성 | -193.624 | -173.979 | 39.3 | 14.06 | 귀무가설 H_0 기각 | Model1_T 선택 |
| 대학기술확산 효율성 | -172.832 | -169.024 | 7.6 | 14.06 | 귀무가설 H_0 채택 | Model2_C 선택 |

주) LR 통계량 : $LR = -2[\ln L(H_0) - \ln L(H_1)]$

- 12) σ^2 와 γ 의 최대우도추정값을 통한 검정에서도 동일한 결과가 나왔다. 이 검정은 SFA 생산모형에서 추정된 σ^2 와 γ 값이 0인지, 0보다 큰 값인지를 검정함으로써 SFA모형에서 오차항(무작위오차와 비효율성 오차)이 고려되어야 하는지 더 나아가서 비효율성 오차항이 고려되어야 하는지를 판단할 수 있다.
- 13) 귀무가설은 Translog 변경의 second-order coefficients들의 값이 0이라는 것으로 이는 결국 Cobb-Douglas함수를 의미한다. 즉 귀무가설은 $H_0: \beta_{ij} = 0, i \leq j = 1, \dots, 3$ 으로 표현된다.
- 14) 여기서 자유도는 근사적으로 귀무가설에서 0으로 가정된 모수들의 수에 1을 더한 값이다. 본 연구에서는 귀무가설에서 0으로 가정하는 모수가 3이므로 자유도는 4이다. LR통계량은 이 자유도를 지니는 카이제곱 분포를 따른다 (Chapple, 2005). 생산함수 검정에서 사용한 유의수준 0.95(5%)는 일반적으로 검정시 주로 설정하는 신뢰수준이며, Battese & Broca(1997)와 Chapple 외(2005)의 연구 등에서 이를 적용하였다.

검정 결과에 따르면 본 연구의 분석틀에서 대학이윤창출의 효율성을 측정하는 Model 1의 경우는 Cobb-Douglas함수보다는 Translog생산함수가 더 적절한 것으로, 대학기술확산의 효율성을 측정하는 Model 2의 경우는 Cobb-Douglas함수가 더 적절한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 선택된 두 가지 분석모형, 즉, Model1_T와 Model2_C로 측정된 결과에 대하여 분석하고 해석하였다.

2) 대학 TLO의 기술이전 효율성 측정결과

(1) 대학이윤창출 모형(Model 1)과 대학기술확산 모형(Model 2)의 SFA 측정결과

<표 14> Model1_T의 SFA 측정결과

| 분석모형 모형설명 변수(Variable) | Model1_T (대학이윤창출의 효율성) | | |
|--------------------------------|--|----------------|----------|
| | 산출변수 기술이전수입lnINCOM, Translog 생산함수 추정치(Coefficients) | Standard Error | t-value |
| <i>Stochastic Frontier</i> | | | |
| Intercept | 2.761*** | 0.347 | 7.968 |
| lnTLOPEO | -0.090 | 0.353 | -0.255 |
| lnTECHPA | -0.569** | 0.285 | -1.996 |
| lnTECHEXP | 1.062*** | 0.228 | 4.653 |
| 1/2(lnTLOPEO)2 | -0.077*** | 0.023 | -3.286 |
| 1/2(lnTECHPA)2 | 0.311*** | 0.077 | 4.060 |
| 1/2(lnTECHEXP)2 | 0.039* | 0.028 | 1.405 |
| (lnTLOPEO×lnTECHPA) | -0.194* | 0.127 | -1.519 |
| (lnTLOPEO×lnTECHEXP) | 0.179*** | 0.072 | 2.479 |
| (lnTECHPA×lnTECHEXP) | -0.290*** | 0.072 | -4.030 |
| <i>Inefficiency model</i> | | | |
| intercept | -11.383*** | 2.374 | -4.795 |
| TLOAGE | -0.955*** | 0.171 | -5.587 |
| PROFSCI | -10.369*** | 0.446 | -23.242 |
| PROFPRGR | 0.153*** | 0.029 | 5.277 |
| PROFEVTT | -7.461*** | 1.104 | -6.757 |
| STAFINCENT | 1.488 | 1.103 | 1.248 |
| σ ² (sigma-squared) | 37.894*** | 3.661 | 10.350 |
| γ(gamma) | 0.999*** | 0.000 | 52220906 |
| Log-likelihood | -173.980 | | |
| LR test of one-sided error | 199.883*** | | |
| Average technical efficiency | 0.419 | | |

주) t-value significance *p<.10, **p<.05, ***p<.01. (t분포의 단측검정)

LR test : Critical value for mixed-χ²-distribution with 7 restrictions is 17.755 at 1% level

Model1_T (Translog생산함수)의 대학이윤창출 효율성 모형의 SFA 측정 결과는 <표 14>, Model2_C (Cobb-Douglas생산함수)의 대학기술확산 효율성 모형의 SFA 측정결과는 <표 15>와 같다. 생산함수와 비효율성 결정요인의 계수값을 최대우도법으로 추정된 SFA 측정결과이다.

<표 15> Model2_C의 SFA 측정결과

| 분석모형 모형설명 변수(Variable) | Model2_C (대학기술확산의 효율성) | | |
|--------------------------------|--|----------------|---------|
| | 산출변수: 기술이전건수ln(AGREEM, Cobb_Douglas함수 추정치(Coefficients) | Standard Error | t-value |
| <i>Stochastic Frontier</i> | | | |
| Intercept | 1.343*** | 0.282 | 4.764 |
| lnTLOPEO | 0.041 | 0.110 | 0.368 |
| lnTECHPA | 0.530*** | 0.116 | 4.583 |
| lnTECHEXP | -0.129 | 0.102 | -1.268 |
| <i>Inefficiency model</i> | | | |
| intercept | 2.876*** | 1.022 | 2.815 |
| TLOAGE | -0.941*** | 0.319 | -2.955 |
| PROFSCI | -2.849*** | 1.109 | -2.570 |
| PROFPRGR | 0.095*** | 0.027 | 3.524 |
| PROFEVTT | -5.697*** | 1.423 | -4.003 |
| STAFINCENT | -2.310** | 1.026 | -2.252 |
| σ ² (sigma-squared) | 7.721*** | 0.947 | 8.154 |
| γ(gamma) | 0.965*** | 0.011 | 88.365 |
| Log-likelihood | -172.833 | | |
| LR test of one-sided error | 117.704*** | | |
| Average technical efficiency | 0.520 | | |

주) t-value significance *p<.10, **p<.05, ***p<.01. (t분포의 단측검정)

LR test : Critical value for mixed-χ²-distribution with 7 restrictions is 17.755 at 1% level

(2) 대학 TLO의 기술이전 효율성 측정값의 분석모형별 비교

대학 기술이전전담조직(TLO)을 중심으로 한 기술이전 활동의 효율성을 SFA방법으로 측정한 결과 우리나라 대학의 기술이전 효율성은 전반적으로 증가되고 있는 것으로 나타났다(<표 16> 참조).

<표 16> 대학 기술이전 효율성 측정결과 (SFA 방법)

| 구분 | 분석모형 | | 2005년 | 2006년 | 2007년 | 평균 |
|-----------|----------|----------------|-------|----------------|----------------|----------------|
| 대학이윤창출효율성 | Model1_T | 평균효율성 (증가율) | 0.394 | 0.383 (-3%) | 0.480 (25%) | 0.419 (11%) |
| 대학기술확산효율성 | Model2_C | 평균효율성 (증가율) | 0.471 | 0.496 (5%) | 0.589 (19%) | 0.520 (12%) |
| 계 | 전체실적 | 평균효율성 (증가율) | 0.433 | 0.440 (2%) | 0.535 (22%) | 0.470 (12%) |

이는 기술이전 실적의 증가 추세와 비슷하다. 하지만 엄밀하게 비교해 보면 기술이전 실적의 증가율보다 효율성의 증가율이 낮게 나왔다. 물론 효율성이 가지는 수치상의 특성 때문이기도 하지만 투입대비 산출을 내는 기술이전의 과정에서 여전히 비효율적인 요인이 있다고 볼 수 있다.

이상의 결과를 종합해 보면, SFA 모형에 환경변수를 포함해서 측정한 결과가 TLO의 실제 효율성에 더 가깝다는 것을 알 수 있다. 또한 대학이윤창출의 효율성과 대학기술확산의 효율성이 환경변수에 의해 다른 경향을 보인다는 점과 개별 TLO별로 그 경향이 다르다는 점에도 주목할 필요가 있다. 정부의 정책과 대학의 제도를 수립할 때, 대학이윤창출과 대학기술확산의 어느 부분에 목적을 둘 것인지 그리고 해당 대학의 TLO가 어떤 특징을 지니는지 고려해야 됨을 알 수 있다. 각 SFA 분석모형에 대한 대학 TLO별 효율성 측정값(3년평균)은 다음 <표 17>과 같다.

<표 17> 42개 대학 TLO의 분석모형별 기술이전 효율성 3년 평균값 (SFA방법으로 측정)

| 대학구분 Univ TLO | 대학이윤창출 (기술이전수입) 효율성Model1_T | 대학기술확산 (기술이전건수) 효율성Model2_C | 대학구분 Univ TLO | 대학이윤창출 (기술이전수입) 효율성Model1_T | 대학기술확산 (기술이전건수) 효율성Model2_C |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| U.1 | 0.341 | 0.394 | U.22 | 0.328 | 0.540 |
| U.2 | 0.855 | 0.612 | U.23 | 0.195 | 0.245 |
| U.3 | 0.320 | 0.559 | U.24 | 0.134 | 0.402 |
| U.4 | 0.970 | 0.000 | U.25 | 0.683 | 0.775 |
| U.5 | 0.284 | 0.370 | U.26 | 0.349 | 0.533 |
| U.6 | 0.455 | 0.550 | U.27 | 0.349 | 0.247 |
| U.7 | 0.257 | 0.566 | U.28 | 0.081 | 0.220 |
| U.8 | 0.344 | 0.496 | U.29 | 0.327 | 0.458 |
| U.9 | 0.492 | 0.731 | U.30 | 0.259 | 0.623 |
| U.10 | 0.624 | 0.441 | U.31 | 0.737 | 0.658 |
| U.11 | 0.467 | 0.574 | U.32 | 0.219 | 0.427 |
| U.12 | 0.131 | 0.541 | U.33 | 0.411 | 0.446 |
| U.13 | 0.381 | 0.404 | U.34 | 0.469 | 0.522 |
| U.14 | 0.178 | 0.283 | U.35 | 0.535 | 0.690 |
| U.15 | 0.701 | 0.647 | U.36 | 0.575 | 0.564 |
| U.16 | 0.221 | 0.266 | U.37 | 0.614 | 0.638 |
| U.17 | 0.360 | 0.764 | U.38 | 0.457 | 0.707 |
| U.18 | 0.521 | 0.634 | U.39 | 0.398 | 0.643 |
| U.19 | 0.813 | 0.730 | U.40 | 0.097 | 0.417 |
| U.20 | 0.531 | 0.048 | U.41 | 0.492 | 0.753 |
| U.21 | 0.472 | 0.744 | U.42 | 0.270 | 0.710 |
| | | | 전체평균 | 0.419 | 0.520 |

3. TLO의 효율성 영향요인에 대한 연구가설의 검정

1) 대학 TLO의 기술이전 효율성 영향요인 분석 결과 : 연구가설 검정

<표 14>와 <표 15>의 SFA 측정결과에서 두 분석모형 Model 1(대학이윤창출)과 Model 2(대학기술확산)에서 환경변수가 어떻게 영향을 미치고 있는지를 통계적으로 검정하였는데 이를 정리하면 <표 18>과 같다.

<표 18> 대학 TLO의 기술이전 효율성에 대한 영향요인 분석 결과

| 영향요인_환경변수 | TLO축적경험 TLO 나이 (TLOAGE) | 연구자 역량 | | 대학 산학협력 의지 | |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | | 1인당 SCI논문 (PROFSCI) | 민간연구비 수주액1인당 (PROFPRGR) | 업적평가지 기술이전반영 (PROFEVTT) | 기여자(직원) 보상제도 (STAFINCENT) |
| 대학이윤창출 효율성 (Model1) | + | + | - | + | . |
| 대학기술확산 효율성 (Model2) | + | + | - | + | + |

주 : (+) 효율성 증가요인, (-) 효율성 감소요인, (.) 통계적 유의미하지 않음

2) 연구가설의 검정 결과

대학 TLO 기술이전 효율성의 영향요인을 중심으로 설정한 연구가설에 대하여, Model 1(대학이윤창출)과 Model 2(대학기술확산)의 가설 검정 결과를 요약하면 다음 <표 19>와 같다.

TLO의 축적된 경험(가설A1-1, B1-1), 대학연구자의 연구역량(가설A2-1, B2-1), 대학의 산학협력 의지로서 교원업적평가의 기술이전 실적반영(가설A3-1, B3-1)은 Model1과 Model2의 기술이전 효율성을 모두 높이는 것으로 나타났다. 또한, 대학 산학협력 의지에 해당하는 변수 중 기술이전 기여자 보상제도는 대학기술확산의 효율성을 높이는데 유의미한 영향을 가지는 것으로 나타났다(가설 B3-2). 반면, 대학 산학협력 역량을 측정하는 민간연구비 실적변수는 당초 예상과는 달리 TLO의 효율성을 오히려 낮추는 것으로 나타났고(가설A2-2, B2-2), 대학이윤창출 모형에서 기술이전 기여자 보상제도(가설A3-2)는 유의하지 않게 나타났다.

<표 19> TLO 기술이전 효율성의 영향요인에 대한 연구가설의 검정 요약

| 구분 | 가설 번호 | | 영향여부 | 채택여부 |
|-------------------------|-------|--------|------|------|
| 대학이윤창출 효율성 (Model 1) | 가설A1 | 가설A1-1 | + | ○ |
| | 가설A2 | 가설A2-1 | + | ○ |
| | | 가설A2-2 | - | × |
| | 가설A3 | 가설A3-1 | + | ○ |
| 가설A3-2 | | · | × | |
| 대학기술확산 효율성 (Model 2) | 가설B1 | 가설B1-1 | + | ○ |
| | 가설B2 | 가설B2-1 | + | ○ |
| | | 가설B2-2 | - | × |
| | 가설B3 | 가설B3-1 | + | ○ |
| 가설B3-2 | | + | ○ | |

주) 영향여부 : (+) 효율성 높임, (-) 효율성 낮춤, (·) 통계적으로 유의하지 않음

VI. 결론

우리나라 대학이 교육 중심에서 교육과 함께 연구를 중시하는 연구중심대학으로 역할을 추가한 것이 1990년 중후반인데, 이어서 바로 산학협력이라는 제3의 역할(the third mission)을 요구받고 있다. 기업가적 대학이라는 패러다임이 정부 정책을 대학의 기술이전 활동과 산학협력 활동, 즉, 기업가적 활동을 활성화시키는 방향으로 이끌고 있다. 이러한 상황 속에서 대학은 대학의 본질적인 역할과 기능을 해치지 않는 범위 내에서 기업가적 활동을 수행하고 있고, 그 비중이 점점 높아지고 있다. 우리나라 정부가 대학의 기술이전에 관련된 정책을 본격적으로 추진한지 10여년이 되어가는 시점에서 본 연구는 대학의 TLO를 중심으로 한 기술이전 효율성을 측정함으로써 대학의 기업가적 활동 수준을 파악하였고, 효율성에 영향을 미치는 영향요인을 분석하였다. 본 연구 결과를 토대로 정책적 함의를 생각해 보면 다음과 같다.

첫째, 본 연구결과에 따르면 대학 기술이전의 실적이 증가하고 있고 기술이전 효율성도 증가하는 추세이나 전반적으로 효율성이 낮게 나왔는데, 최근 3년간의 효율성이 평균 0.5이하로 측정되었다. 비효율적인 부분이 50%정도 있다는 것이며, 이마저도 TLO마다 편차가 심해서 다수의 TLO가 낮은 기술이전 효율성을 보이고 있다. 먼저, 기술이전 효율성의 투입요소가 산출물에 비해 적절한 규모인지 살펴보아야 한다. 물론 투입의 규모를 조절하기 보다는 산출물 실적을 늘리는 방향으로 개선해 나가는 것이 필요하다. 또한, TLO의 효율성을 제고하기 위하여 TLO의 기술이전 과정에 직간접적으로 영향을 미치는 환경요인을 개선할 필요가 있다. 이는 영향요인으로 분석에서 고려한 TLO의 축적된 경험, 대학 연구자의 역량, 대학의 산학협력 의지에 대한 개선이 필요하다.

둘째, TLO의 기술이전 효율성에 영향을 미치는 환경요인으로 본 연구에서는 TLO의 축적된 경험이 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 그런데 주요 대학을 제외하고는 대부분 TLO는 2003년을 전후로 설립되어 TLO의 연혁이 짧고 따라서 경험을 축적할 기간이 상대적으로 부족하였을 것이

다. TLO의 축적된 경험이 중요하므로 TLO간의 활발한 교류를 통해 경험을 공유하는 자리를 마련하는 등 TLO의 축적된 경험의 차이에서 오는 효율성을 차이를 해소하기 위한 노력이 필요하다.

셋째, 대학 연구자의 연구역량이 TLO의 기술이전 효율성을 높이는 것으로 나타났으나 민간연구비 수주실적으로 측정된 연구자의 산학협력 역량은 그렇지 못한 것으로 나타났다. 우선, 연구자의 연구역량에 대해서는 우수한 기술을 창출하기 위하여 대학 연구자의 연구역량을 제고할 적절한 지원이 필요하다는 것을 의미한다. 반면에, 연구자의 민간연구비 수주실적의 산학협력 역량이 TLO의 효율성을 제고하지 못하는 이유를 생각해보면, 기업 등 민간 수탁과제를 수행하는 경우 대부분 단기적인 산업계의 연구수요에 맞추었기 때문에 깊이 있는 연구결과와 원천기술 발명은 이뤄지지 못할 가능성이 높다. 그리고 기업과의 연구용역에 대한 계약이 지금까지 대부분 대학과 연구자에게 불리하게 작성된 경향이 있으며, 이렇게 계약된 과제에서 개발된 기술을 TLO가 권리화하고 이를 기업에 라이선싱하는 것은 매우 어렵다. 이런 이유들 때문에 민간연구비 수주는 본 연구에서 정의하고 있는 TLO의 기술이전 효율성에 긍정적인 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다고 볼 수 있다. 따라서 산업계의 연구가 주로 단기적으로 이뤄지는 이러한 연구용역 수행이 너무 많아지게 되면 수월성을 추구하는 대학 연구자의 연구 경쟁력을 저하시키게 되며, 단기적 산업계 연구용역에 따른 이익만을 추구하는 경향이 생길 수도 있기 때문에 민간 연구비 수주와 관련해서는 이러한 점을 경계하여야 한다.

넷째, TLO의 기술이전의 영향요인으로 본 연구에서 대학의 산학협력 의지를 분석하였는데, 대학교원업적평가제도와 기술이전기여자보상제도의 시행여부로 측정하였고, TLO의 기술이전 효율성에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 전반적으로 낮은 기술이전 효율성을 높이기 위해서는 기술개발과 발명을 하는 연구자가 우수한 기술을 발명하고 기술이전 하는 실적을 높여야 하며, 이를 위해서 대학교원업적평가에 기술이전 실적을 반영할 필요가 있다. 현재로는 SCI급 논문 비중이 너무 높고 기술이전 실적에 대해서는 아예 기준이 없거나, 있어도 매우 낮은 비율만 계상하고 있는 실정이다. 이에 대해 적절한 비율로 개선이 필요하다. 또한, 기술이전기여자 보상제도가 정착되어야 하고, 실제 지급하는 사례가 늘어나야 한다. 이것이 직원들로 하여금 기술이전에 대한 충분한 동기부여가 될 것이다.

다섯째, 본 연구에서 대학 TLO의 기술이전에서 추구하는 목적을 선행연구에 따라 ‘이윤창출’과 ‘기술확산’ 두 가지로 성격을 구분하여 분석하였고, 이 두 가지 목적에 따라 대학마다 TLO의 효율성 양상이 다르게 나타났다. 대학 차원에서 유의한 ‘대학이윤창출’의 목적과 국가차원에서 필요로 하는 ‘대학기술확산’의 목적이 성격상 차이가 있는데, 대학의 기업가적 활동의 일환으로 기술이전을 통하여 이 두 가지 목적이 실현되고 있다. 그렇기 때문에 대학 TLO의 효율성을 제고하는 정책을 추진할 때 이를 염두에 두어야 하며, 이 두 가지 목적에 균형을 맞추어 추진하는 것이 중요하다.

전반적으로 본 연구는 대학의 기술이전의 효율성 측정을 통한 기업가적 활동 수준을 파악하는 분석틀을 제시하였다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 분석 단위를 대학 기술이전 과정에서 중요한 역할을 하는 TLO 단위로 명확히 하였고, SFA방법론을 적용한 효율성 측정모형에서 기술이전의 두 가지 목적인 이윤창출과 기술확산으로 구분하여 국내 대학 TLO의 효율성을 측정하고 그 영향요인을 파악하도록 분석모형을 발전시켰다고 볼 수 있다.

그럼에도 본 연구는 다음과 같은 한계를 가지고 있다. 첫째, 우리나라의 대학의 기술이전 활동이 제 모습을 갖추기 시작한 것이 얼마 되지 않으며, 일부 대학을 제외하고는 TLO가 설치되어 본격적으로 활동한 시기가 짧아서, 대학 기술이전의 효율성에 대한 안정적 분석을 실시하기에는 한계가 있다. 둘째, 본 연구에서 영향요인으로 TLO를 둘러싼 환경요인만을 영향요인으로 포함시켜기 때문에 TLO의 내부요인인 관리운영상의 비효율적 요인이 무엇인지는 밝히지 못하였다. 향후, TLO의 관리운영상의 요인으로 다양한 내부요인과 함께 TLO의 전략, 부서장의 리더십, 조직구성원의 참여도 등의 정성적 부분들을 효율성 영향요인으로 고려한 연구가 필요하다. 셋째, 대학이 기술이전 활동을 하는 목적을 ‘이윤창출’과 ‘기술확산’으로 크게 두 가지로 보고 분석하였고 대학

별로 두 효율성에 차이가 있음을 알아냈으나, 대학별로 그 차이를 일으키는 세부적인 원인에 대해서는 밝히지 못하였다. 그 밖에 실제 대학과 산업계와의 기술이 이전되는 다양한 형태와 채널을 반영하지 못한 한계가 있었고, SFA방법론상 투입변수와 산출변수의 설정이 적절한지 검토하는데도 한계가 있었으며, 효율성에 대한 대학별 세부분석이 이뤄지지 못한 점과 기술이전의 수요자인 기업 측의 자료를 분석하지 못한 점에서 한계가 있다. 마지막으로, 본 연구는 수집된 데이터에 대한 계량 분석 연구에 그치고 있는데, 보다 현장의 상황을 잘 반영하기 위해서는 사례분석 등의 질적인 연구가 후속연구로 이어질 필요가 있다.

참고문헌

- 곽만순 · 이영훈. (2005). 효율성추정과 확률적 생산변경모형에 대한 문헌연구. 『계량경제학보』, 16(4): 107-130.
- 권재열. (2008). 대학 TLO(기술이전전담조직)의 운영 실태에 관한 비교연구. 『세라미스트』, 11(1): 26-39.
- 김경환 · 현선해. (2006). 대학기술이전조직의 제도적 환경과 전략적 자원이 기술이전에 미치는 영향. 『벤처경영연구』, 9(1): 87-109.
- 김승균. (2003). 『대학 기술이전전담조직의 발전전략』. 지식재산권연구센터.
- 김철희 · 이상돈. (2007). 산학협력성과와 대학의 역량요인의 관계에 관한 연구. 『기술혁신학회지』, 10(4): 629-653.
- 민철구 · 이진수 · 유현숙 외. (2002). 『대학 연구시스템의 활성화 방안』. 과학기술정책연구원, 정책연구 2002-25.
- 박규호 · 한동성 · 권기석. (2008). 대학교수의 특허활동이 연구활동에 미치는 효과에 대한 연구. 『기술혁신학회지』, 11(4): 510-531.
- 송성수. (2007). 대학의 새로운 패러다임; 기업가적 대학. 『2006 대학산학협력백서(2007년도판)』. 한국학술진흥재단.
- 유금록. (2004). 『공공부문의 효율성 측정과 평가 - 프런티어분석의 이론과 적용』. 서울: 대영문화사.
- 윤경준. (1998). 공공부문 성과측정을 위한 DEA와 확률전선모형의 비교분석 - 일선경찰서의 기술 효율성 측정을 중심으로-. 『한국행정학보』, 32(4): 257-273.
- 이창주. (2008). 해외 선진국의 공공기술이전 기관 현황. 『2008 커넥트코리아사업 여름 정기워크숍 발표자료』.
- 조현래. (2006). 대학기술이전전담조직의 활성화를 위한 법적과제. 『산업재산권』, 18: 133-171.
- 지홍민. (2007). 『확률적 프런티어 방법론을 이용한 손해보험사의 기술효율성 측정』. 서울: 보험개발원보험연구소. *보험개발연구(2007) 18(2): 3-43.
- 한국학술진흥재단. (2006~2008). 『대학 산학협력 백서』.
- 현만석 · 유왕진. (2008). DEA 모형을 이용한 공공연구기관의 효율성 분석에 관한 연구. 『한국산업시스템공학회지』, 31(20): 94-103.
- KAUTM(한국대학기술이전협회). (2008). 『대학 TLO 백문백답』.
- Anderson, T. R., Daim, T. U., & Lavoie, F. F. (2007). Measuring the efficiency of university technology transfer. *Technovation*, 27: 306-318.
- Battese, G. E. & Coelli, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20: 322-325.
- Bell, E. R. J. (1993). Some current issues in technology transfer and academic-industrial relations: a review. *Technology Analysis & Strategic Management*, 5(3): 307-321.
- Bercovitz, J., Feldman, M., & Burton, R. (2001). Organizational structure as a determinant of academic patent and licensing behavior: an exploratory study of Duke, Johns Hopkins, and Pennsylvania state Universities. *Journal of Technology Transfer*, 25(1-2): 21-35.
- Bray, M. J., & Lee, J. N. (2000). University revenues from technology transfer: licensing fees versus equity position. *Journal of Business Venturing*, 15(5-6): 385-392.
- Carlsson, B. & Fridh, A. (2002). Technology Transfer in United States universities: A Survey and statistical analysis. *Journal of Evolutionary Economics*, 12: 199-232.

- Chapple, W., Lockett, A., Siegel, D., & Wright, M. (2005). Assessing the relative performance of U.K. university technology transfer offices: parametric and non-parametric evidence. *Research Policy*, 34(3): 369-384.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., Battese, G. E., eds. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2nd edition, Springer.
- Edquist, C. (2005). Systems of Innovation- perspectives and challenges, in Fagerberg, J., Mowery, D., & Nelson, R. R. eds. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and 'mode 2' to a triple helix of university-industry-government relations. *Research Policy*. 29: 109-123.
- Feldman, M., Bercovitz, J., & Burton, R. (2002). Equity and the technology transfer strategies of American Research Universities. *Management Science*, 48(1): 105-121.
- Foltz, J., Barham, B., & Kim, K. (2000). Universities and agricultural biotechnology patent production. *Agribusiness*, 16(1): 82-95.
- Friedman, J. & Silberman, J. (2003). University technology transfer: Do incentives, management, and location matter?. *Journal of Technology Transfer*, 28(1): 17-30.
- Jones-Evans, D. & Klofsten, M. (1999). Creating a bridge between university and industry in small European Countries: the role of the industrial liaison office. *R&D Management*, 29(1): 47-56.
- Kumbhakar, S. C., Ghosh, S., & McGuckin, J. T. (1991). A generalized production approach for estimating determinants of inefficiency in U.S. dairy farms. *Journal of Business and Economic Statistics*, 9: 279-286.
- Link, A. N. & Siegel, D. S. (2005). Generating science-based growth: An Econometric analysis of the impact of organizational incentives on university-industry technology transfer. *European Journal of Finance*, 11(3): 169-182.
- Lundvall, B. A. ed. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Pinter Publishers.
- Markman, G.D., Gianiodis, P. T., Phan, P. H., & Balkin, D. B. (2004). Entrepreneurship from the Ivory tower: do incentive systems matter?. *Journal of Technology Transfer*, 29(3-4): 353-364.
- Mowery, D. C. ed. (2004). *Ivory Tower and Industrial Innovation: University-Industry Technology Transfer Before and After the Bayh-Dole Act in the United States*. Stanford CA: Stanford University Press.
- Park, J. & Oh, I. (2007). Heterogeneity in university incomes from the technology transfer and commercialization in Korea. in Heshmati, A., Shon, Y. B., & Kim, Y. R. eds. *Commercialization and Transfer of Technology: Major Country Case Studies*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Powers, J. B. (2003). Commercializing academic research: Resource effects on performance of university technology transfer. *The Journal of Higher Education*, 74 (1): 26-50.
- Rogers, E. M., Yin, Y., & Hoffmann, J. (2000). Assessing the effectiveness of technology transfer offices at US research universities. *The Journal of the Association of University Technology Managers*, 12: 47-80.
- Rothaermel, F. T., Agung, S. D., & Jiang, L. (2007). University entrepreneurship: a taxonomy of the literature. *Industrial and Corporate Change*, 16(4): 691-791.
- Siegel, D. S. ed. (2006). *Technology Entrepreneurship: Institutions and Agents Involved in University Technology Transfer*, Vol.1. Edgar Elgar: London.
- Siegel, D. S., Waldman, D. A., & Link, A. N. (2003). Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: an exploratory study. *Research Policy*, 32: 27-48.
- Smilor, R. W., Dietrich, G., & Gibson, D. (1993). The entrepreneurial university: The role of higher education in the United States in technology commercialization and economic development. *International Social Science Journal*, 45: 1-11.
- Thursby, J. G. & Kemp, S. (2002). Growth and productive efficiency of university intellectual property licensing. *Research Policy*, 31(1): 109-124.
- Thursby, J. G. & Thursby, M. C. (2002). Who is selling the ivory tower? Source of growth in University Licensing. *Management Science*, 48: 90-104.